

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DAS WEISSE BLUTBILD
DES SCHAFES
ANHAND DES LINEAREN
REGRESSIONSMODELLS -
NORMBEREICH
UND LEUKOSESCHLÜSSEL

Harald Wirsching

Disbui. München

1988

Aus der Bundesforschungsanstalt
für Viruskrankheiten der Tiere,
Tübingen

Vorgelegt über die Medizinische Tierklinik
Innere Krankheiten der Klauentiere
der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DAS WEIBE BLUTBILD DES SCHAFES
ANHAND DES LINEAREN REGRESSIONSMODELLS -
NORMBEREICH UND LEUKOSESCHLÜSSEL

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Harald Wirsching
aus
Eschach

München 1987

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: _____ Prof. Dr. M. Rüsse _____

Referent: _____ Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen _____

Korreferent: _____ Prof. Dr. D.O. Schmid _____

Tag der Promotion: _____ 26. Februar 1988 _____

IN DANKBARKEIT

MEINEM VATER UND MEINER MUTTER

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	5
1. Untersuchungen über das weiße Blutbild beim Rind	5
2. Veröffentlichungen über das weiße Blutbild beim Schaf	8
2.1. Allgemeine Übersicht in tabellarischer Form	8
2.2. Der Einfluß von Alter, Geschlecht und Rasse	8
2.3. Der Einfluß der Fütterung	18
2.4. Der Einfluß von Trächtigkeit und Geburt	18
2.5. Der Einfluß von Streß bzw. Hormonen auf das weiße Blutbild	19
2.6. Der Einfluß der Jahreszeiten	21
2.7. Die Frage nach der Verteilung der Komponenten des weißen Blutbildes	22
2.8. Der Leukoseschlüssel beim Schaf	23
2.9. Die Abhängigkeit der Meßergebnisse von den gewählten Meßmethoden	24
III. MATERIAL UND METHODEN	28
1. Material	28
2. Methoden	32
2.1. Leukozytenzählung und Differentialblutbild	32
2.2. Prüfung auf Normalverteilung	33

	Seite
2.3. Das Ausreißerproblem	34
2.3.1. Prüfung auf Ausreißer für $n \leq 25$ nach DIXON	35
2.3.2. Prüfung auf Ausreißer für $n > 25$ nach DIXON	36
2.4. Prüfung von Standardabweichungen auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe einer Regressionsgeraden	36
2.4.1. Die Gleichung der Regressions- geraden	38
2.4.2. Prüfung des Regressionskoeffi- zienten gegen Null	39
2.5. Der Vergleich mehrerer Mittelwerte: die einfache Varianzanalyse	41
2.6. Lineare Kontraste nach SCHEFFE	43
2.6.1. Paarweiser Vergleich von Mittelwerten	46
2.7. Regression erster Art mit gruppierten Daten	46
2.8. Prüfung der Linearität einer Regression	48
2.9. Der Vergleich mehrerer Regressionsgeraden	50
2.10. Der Vergleich von k Regressionsgeraden für nichtgruppierte Daten	52
2.11. Prüfung des Regressionskoeffizienten gegen Null bei einer Regression erster Art mit gruppierten Daten	55
2.12. Der Vergleich zweier unabhängiger Stich- proben	56
2.12.1. Der F-Test	57
2.12.2. Der t-Test	57
2.12.3. Der Welch-Test	58
2.13. Bestimmung von Normgrenzen für weiße Blutkörperchen bei gesunden Tieren am Beispiel der Lymphozyten	59

	Seite
2.14. Darstellung des Eosinophiliensystems	66
2.14.1. Der Median	66
2.14.2. Das erste Quartil	66
2.14.3. Das dritte Quartil	66
2.14.4. Der Box-and-Whisker-Plot	67
 IV. ERGEBNISSE	 68
1. Die Häufigkeitsverteilungen der Gesamtzahl der Leukozyten, der absoluten Zahl der Lymphozyten und der absoluten Zahl der neutrophilen Granulozyten pro μ l Blut sowie deren logarithmierten Werte von Schafen einer Altersgruppe	68
1.1. Prüfung auf Normalverteilung	68
1.2. Untersuchung der Verteilungsfrage bei weiblichen Schwarzkopfschafen	71
2. Das Ausreißerproblem	73
3. Abhängigkeit der Streuungen der Blutparameter vom Alter	75
4. Die Ausgleichskurven für die Mittelwerte der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Schafe einer Altersgruppe	80
5. Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Schafen im Alter bis zu fünf Monaten auf eine Altersabhängigkeit	86
5.1. Die Abhängigkeit der Mittelwerte der weißen Blutzellen vom Alter der Schafe	86
5.2. Die Abhängigkeit der mittleren Lymphozytenzahlen vom Alter der Schafe	89



6.	Rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen im ersten Lebensabschnitt (0.-5. Monat)	94
6.1.	Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild weiblicher Schafe	96
6.2.	Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild männlicher Schafe	99
6.3.	Geschlechtsgebundene Unterschiede	100
6.4.	Rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild bei männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafen	101
7.	Berechnung linearer Regressionsgeraden auf der Grundlage der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Schafen ab dem 6. Lebensmonat	103
7.1.	Die Gleichungen der Regressionsgeraden	103
7.2.	Prüfung der Linearität der Regressionsgeraden	109
7.3.	Einfluß der Geburt auf das weiße Blutbild	109
8.	Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei Schafen auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden	113
8.1.	Weibliche Schafe	114
8.2.	Männliche Schafe	115

9.	Rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen im zweiten Lebensabschnitt	120
9.1.	Untersuchung auf rassebedingte Blutbildunterschiede bei Schafen gleichen Geschlechts	120
9.2.	Geschlechtsbedingte Unterschiede	123
9.3.	Rasse- und geschlechtsbedingte Unterschiede im weißen Blutbild bei kürzeren Zeitintervallen (6.-26. Monat) unter Berücksichtigung einer Altersabhängigkeit	125
10.	Berechnung sogenannter geschlechtsunabhängiger Regressionsgeraden für die Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse ab dem 6. Lebensmonat	128
10.1.	Die Gleichungen der sogenannten geschlechtsunabhängigen Regressionsgerade für die Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen und der Einfluß von Lammungsdaten auf deren Verlauf	129
10.2.	Untersuchung der Mittelwerte der Zahlen der weißen Blutzellen männlicher und weiblicher Schafe auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der sogenannten geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden	133

11.	Beurteilung der absoluten Zahl der weißen Blutzellen von Schafen mit unbekanntem Gesundheitsstatus mit Hilfe des 95,44%-Normbereiches und mit Hilfe des auf der Grundlage der oberen 97,7%- und der oberen 99%-Toleranzgrenze erstellten Leukoseschlüssels	139
11.1.	Überprüfung der Aussagegültigkeit des berechneten 95,44%-Normbereiches und des Leukoseschlüssels für männliche und weibliche Schafe ab dem 6. Lebensmonat	140
11.1.1.	Darstellung und Überprüfung des 95,44%-Normbereiches und des Leukoseschlüssels auf Gültigkeit am Beispiel der absoluten Lymphozytenzahlen von Schafen einer jeden Rasse	141
11.1.2.	Ein einheitlicher Leukoseschlüssel für mehrere Rassen	142
11.2.	Erstellung eines 95,44%-Normbereiches und eines Leukoseschlüssels zur Beurteilung des weißen Blutbildes von jungen Schafen bis zu einem Alter von fünf Monaten	156
12.	Das Eosinophilensystem	158
12.1.	Darstellung des Eosinophilensystems	159
12.2.	Untersuchung der Eosinophilenzahlen auf eine mögliche Abhängigkeit vom Alter der Schafe	160

	Seite
V. DISKUSSION	164
1. Einflüsse der Geburt	164
2. Die Mittelwertkurven und das lineare Regres- sionsmodell	167
3. Die Abhängigkeit der Zahl der weißen Blut- körperchen vom Alter der Schafe	170
3.1. Der erste Lebensabschnitt	170
3.2. Der zweite Lebensabschnitt	171
4. Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen	175
5. Geschlechtsbedingte Unterschiede in der Zahl der weißen Blutzellen und Einflüsse der Jahres- zeit	177
6. Die Untersuchungstechnik	180
7. Der Einfluß des Blutentnahmestresses auf das weiße Blutbild	181
8. Die Häufigkeitsverteilungen der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Schafen einer Altersgruppe	183
9. Die Präsentation von Mittelwerten und der Ein- fluß von Extremwerten (Aureißer)	187
10. Kriterien für die Wahl eines Normbereiches zur Beurteilung der Zahl der weißen Blutzellen von Schafen	188
11. Der Leukoseschlüssel	191

	Seite
VI. ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY	198
VII. LITERATURVERZEICHNIS	210
VIII. ANHANG	220
- Tabellen	221
- Abbildungen	241

I. EINLEITUNG

In der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere¹⁾ in Tübingen wurden über zehn Jahre lang Daten über das weiße Blutbild von Schafen gesammelt. Die Schafe gehörten zur Versuchsherde der Forschungsanstalt und waren ursprünglich von verschiedenen Schafhaltern erworben oder sie waren zur klinischen bzw. pathologischen Untersuchung von den Schafhaltern in die BFA gebracht worden.

Das der folgenden Arbeit zugrundeliegende Datenmaterial besteht aus sogenannten "Urlisten", in denen die absoluten Leukozytenzahlen und die Differentialblutbilder aufgeführt sind. In diesen Protokollen wurden auch an den Schafen vorgenommene Manipulationen (Übertragungsversuche von Leukose oder Maedi mittels Injektion von infektiösem Material, Nasen- oder Maultupfern von leukotischen Rindern etc.) vermerkt. Bei einem Teil der Schafe fanden sich Sektionsprotokolle, deren pathologische Befunde in die Auswertung einbezogen werden konnten.

Bei der Sammlung des anfallenden Untersuchungsmaterials handelt es sich deshalb teilweise um ein nicht-zufälliges Auswahlverfahren zur Gewinnung von Stichproben.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine retrospektive statistische Analyse der "bereinigten Daten", welche nach Ausschluß der Einflüsse aller obengenannten Manipulationen, die das weiße Blutbild verändern können, gewonnen wurden, um so einen Referenz- oder Normbereich für das "normale weiße Blutbild" zu schaffen. Insofern mußte auf einen Teil der verfügbaren Daten verzichtet werden.

Da die Daten der Blutbilder aus Routineuntersuchungen stammen und nicht im Hinblick auf eine bestimmte Problemstellung gesammelt wurden, hat dies Einfluß auf die Präsentation der Untersuchungsergebnisse. Dies soll am Beispiel des Geburtseinflusses auf das weiße Blutbild erläutert

1) Im folgenden mit BFA abgekürzt.

werden: Ein möglicher Einfluß der Geburt konnte nur insofern untersucht werden, als bei den verschiedenen Rechengängen zum einen die Lammungsdaten in den Stichproben der verschiedenen Altersgruppen belassen, zum anderen aus den entsprechenden Stichproben herausgenommen wurden.

Unterschiede aus den jeweiligen Ergebnissen ließen dann den Schluß auf einen Geburtseinfluß auf das Blut zu. Die über die einzelnen Kapitel verstreuten Ergebnisse werden in der Diskussion nochmals zusammengefaßt und zusammen mit den Ergebnissen anderer Autoren erörtert.

Die Tatsache, daß die Daten nicht im Hinblick auf eine bestimmte Problematik gesammelt wurden, führte auch dazu, daß bei manchen statistischen Tests Einschränkungen gemacht werden mußten, worauf an entsprechender Stelle hingewiesen wird.

HÜBNER hat im Jahre 1971 die Untersuchungsergebnisse über das weiße Blutbild von 394 Schafen der Deutsch-Schwarzköpfigen Fleischrasse in seiner Dissertation vorgelegt. Da somit Daten der Einzeltiere aus jener Arbeit zur Verfügung standen, wurden sie den statistischen Prüfverfahren der vorliegenden Arbeit nochmals unterworfen: Das große Datenmaterial einer Rasse sollte unter anderem die gefundenen Ergebnisse der Verteilungsfrage der weißen Blutkörperchen stützen helfen. Der Frage, ob die weißen Blutkörperchen innerhalb einer Altersgruppe normalverteilt sind oder nicht, wird in vorliegender Arbeit ausführlich nachgegangen, da es in der Literatur immer noch keine einheitlichen Anschauungen darüber gibt (vgl. Tab. A.10.).

Der Leser wird beim Studium der Literaturübersicht bemerken, daß sich dort auch Veröffentlichungen über das Rind finden, obwohl dieser Arbeit nur das Schaf als Untersuchungsobjekt zugrunde liegt. Die weit größere wirtschaftliche Bedeutung des Rindes hat schon sehr früh zu Bemühungen um repräsentative, d.h. einer Norm entsprechenden, Blutwerte besonders im Hinblick auf die Beurteilung einer Lymphozytose geführt. Hier haben v.a. GÖTZE et al. (1954) und BENDIXEN (1960) erste Maßstäbe gesetzt. Des weiteren wurden von

Autoren solcher "Rinderstudien" eine Abhängigkeit der Blutzellzahlen vom Alter der Tiere sowie rassebedingte Unterschiede im weißen Blutbild, bedingt durch eine unterschiedliche geographische Verbreitung, berücksichtigt. Diese differenzierten Untersuchungsziele haben einen wichtigen Einfluß auf die Präsentation hämatologischer Daten. Aus diesem Grunde wurde eine Auswahl von Veröffentlichungen über das Rind in die Literaturübersicht aufgenommen. Interessante Beziehungen ergaben sich ferner aus der Tatsache, daß Rind und Schaf Wiederkäuer sind, bei denen ein lymphozytäres Blutbild vorherrscht (vgl. WIESE, 1954).

Darüber hinaus existiert eine ganze Reihe von Literatur, die vor 1945 veröffentlicht wurde (vgl. WIESE, 1954 und HÜBNER, 1971), die jedoch in der vorliegenden Arbeit weitgehend unberücksichtigt geblieben ist.

Zahlreiche Autoren berücksichtigen weder die Altersabhängigkeit der Leukozytenzahlen noch eventuell vorhandene rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede; die Angaben dieser Leukozytenzahlen sind in einer tabellarischen Übersicht wiedergegeben¹⁾. Getrennt davon werden diejenigen Autoren ausführlicher behandelt, die auf soeben genannte Gesichtspunkte eingehen oder sonstige interessante Aspekte ansprechen.

In der vorliegenden Arbeit werden vom Verfasser vor allem in den Tabellen einige Begriffe verwendet, die den Vorteil einer kürzeren, aber den Nachteil einer unpräziseren Ausdrucksweise mit sich bringen. Zwar werden die Begriffe im Text durch eine Fußnote erklärt, doch sollen an dieser Stelle diese Termini zusammenfassend erläutert werden: Der Begriff "Blutfraktion" wird zusammenfassend für folgende Bestandteile des weißen Blutbildes verwendet, nämlich für Leukozyten, Lymphozyten und Neutrophile. Für "Leukozytenzahlen" und "Lymphozytenzahlen" stehen oft auch nur die

1) Siehe S. 9 und 10 vorliegender Arbeit.

Begriffe "Leukozyten" bzw. "Lymphozyten". Neutrophile Granulozyten werden als "Neutrophile", basophile Granulozyten als "Basophile" und eosinophile Granulozyten als "Eosinophile" bezeichnet.

Anstelle von "durchschnittlicher Leukozytenzahl" wird vom "Leukozytenmittelwert" gesprochen. Entsprechendes gilt auch für die durchschnittlichen Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen.

Noch einige Bemerkungen zum Formalen der Arbeit:

Die Einordnung bzw. Bezeichnung der Tabellen und Abbildungen wird in dieser Arbeit folgendermaßen gehandhabt: Tabelle IV.3.2. beispielsweise ist die zweite Tabelle des Unterkapitels 3, welches sich im übergeordneten Kapitel IV befindet. Da nur der Ergebnisteil (IV) Zeichnungen enthält, wird auf die Voranstellung der röm. Ziffer IV verzichtet. - Zeichnungen und Tabellen, die sich im Anhang befinden, sind durch ein "A" gekennzeichnet¹⁾.

Das vorliegende Datenmaterial wurde vom Verfasser mittels eines Taschenrechners (ibico, LCD-calculator 096) und eines Personal-Computers (Laser 110) ausgewertet.

1) Hierzu sei vermerkt, daß nach GERHARDS (1978) den Einordnungszeichen (Ziffern) von Tabellen und Abbildungen grundsätzlich ein Punkt folgt.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Untersuchungen über das weiße Blutbild beim Rind

Das Blutbild des Kalbes in den ersten drei Lebensmonaten wurde von STRAUB (1956) bestimmt; danach war nach einem kurzen Abfall ein Anstieg der Leukozytenwerte festzustellen. Innerhalb des Untersuchungszeitraumes war bei den Kälbern ein Anstieg der Lymphozyten- und ein Abfall der Neutrophilenwerte zu beobachten. STRAUB konnte zeigen, daß die Mittelwertkurven der Lymphozyten und der Neutrophilen spiegelbildlich verlaufen.

Eine Altersabhängigkeit der einzelnen Komponenten des weißen Blutbildes konnten verschiedene Autoren auch beim erwachsenen Rind nachweisen: Bei jüngeren Tieren (1-2 Jahre) steigen die Leukozyten- und Lymphozytenmittelwerte noch an, wohingegen die Neutrophilenmittelwerte¹⁾ zunächst abfallen und im höheren Alter wieder zunehmen (THEILEN et al., 1967; GRANZIEN, 1968; PERMAN et al., 1970; FLENSBURG und WILLEBERG, 1976).

STRAUB, LORENZ et al. (1978) bestätigten das Verhalten der Leukozyten und Lymphozyten; sie fanden jedoch, daß die Neutrophilenwerte altersunabhängig sind. Unterschiedliche Angaben wurden über das Verhalten der Eosinophilenzahlen gemacht: nach THEILEN et al. (1967), GRANZIEN (1968) sowie STRAUB, LORENZ et al. (1978) steigen die Eosinophilenzahlen mit zunehmendem Alter an; nur PERMAN et al. (1970) können keine Altersabhängigkeit feststellen.

Während STRAUB (1956) bei seinen untersuchten Kälbern keine geschlechtsbedingten Unterschiede finden konnte,

1) Unter Neutrophilenmittelwert oder der durchschnittlichen Neutrophilenzahl ist der arithmetische Mittelwert aller beobachteten Neutrophileneinzelwerte von Schafen einer bestimmten Altersgruppe zu verstehen. Sinngemäß gilt dies auch für den "Leukozyten- und Lymphozytenmittelwert".

stellte dies GRANZIEN (1968) bei Rindern einer bestimmten Altersgruppe fest. Außerdem machte GRANZIEN keine Unterschiede zwischen laktierenden und trockenstehenden Kühen, da nach MOBERG (1953) die Laktation keinen Einfluß auf die Leukozytenwerte habe. GRANZIEN (1968) fand rassebedingte Unterschiede bei Rindern nur für eine bestimmte Altersgruppe, während FLENSBURG und WILLEBERG (1976) rassebedingte Unterschiede auch unabhängig vom Alter postulierten. Nach STRAUB, LORENZ et al. (1978) konnten rassebedingte Unterschiede (genauer: "differences between breed units", das sind Rassen in Abhängigkeit zu ihrem geographischen Umfeld) nur für die Neutrophilen- und Eosinophilenzahlen ausgemacht werden, nicht jedoch für die Lymphozytenzahlen.

Tabelle A.10. des Anhangs zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen, wie sie von verschiedenen Autoren erarbeitet wurden.

Um einer Normalverteilung der Blutwerte innerhalb einer Altersgruppe recht nahe zu kommen, arbeiteten THEILEN et al. (1967), PERMAN et al. (1970) sowie STRAUB, LORENZ et al. (1978) mit den logarithmierten Beobachtungswerten. Für die logarithmierten Lymphozyten konnten sodann PERMAN et al. (1970) eine lineare Abhängigkeit vom Alter nachweisen und diese durch eine lineare Regressionsgerade beschreiben. STRAUB, LORENZ et al. (1978) fanden jedoch bezüglich der Altersabhängigkeit der logarithmierten Leukozyten und Lymphozyten keine lineare Beziehung.

Die Geburt stellt ein Ereignis dar, welches einen nachhaltigen Einfluß auf das Blutbild der Muttertiere hat. Schon früh sind entsprechende Untersuchungen beim Rind durchgeführt worden, so z.B. von MOBERG (1955). Er berichtet von einer ausgeprägten Neutrophilie, Lymphopenie und Eosinopenie, woraus eine Leukozytose am Tage der Geburt resultiert. Vor der Geburt sind die Lymphozytenwerte

erhöht, vier bis sechs Tage nach der Geburt erreichen die Blutparameter ihre alten Werte. STRAUB et al. (1959), sowie MERRIL und SMITH (1954) bestätigen MOBERGs Ergebnisse.

Anzumerken bleibt, daß fast alle erwähnten Autoren ihre hämatologischen Befunde mit Hilfe automatischer Blutkörperchen-Zählgeräte (die Fabrikate waren nicht einheitlich) und Blutaussstrichen erzielten, wobei für die Erstellung des Differentialblutbildes meist 100 oder 200 Zellen ausgezählt worden waren.

2. Veröffentlichungen über das weiße Blutbild beim Schaf

2.1. Allgemeine Übersicht in tabellarischer Form

In Tabelle II.1. (s. S. 9 und 10) sind die Angaben über das weiße Blutbild beim Schaf in erster Linie von jenen Autoren zusammengestellt, die Alter, Rasse und Geschlecht weitgehend unberücksichtigt lassen.

2.2. Der Einfluß von Alter, Geschlecht und Rasse

VOLLMER berichtete 1925 darüber, daß die Zahl der Neutrophilen bei Lämmern höher ist als beim erwachsenen Schaf. Die Lymphozyten, so VOLLMER, verhalten sich umgekehrt; sie liegen beim erwachsenen Schaf höher.

Nach KLEIN und BROICHER (1938) wiesen Lämmer nach der Geburt eine Neutrophilie, Lymphopenie und Eosinopenie auf, die nur einige Tage anhielten. Die Autoren stellten bei männlichen Tieren höhere Leukozytenwerte fest als bei weiblichen Tieren. TODD et al. (1952) nahmen als Untersuchungsmaterial 55 weibliche gravide Southdown (2 Monate a.p.) sowie 35 gravide Hampshire Schafe (2 Monate a.p.), und stellten fest, daß es Unterschiede zwischen den Leukozytenwerten gab, die jedoch beim Differentialblutbild weniger markant erschienen. Die Werte finden sich in Tabelle II.1.

Eine differenzierte Studie hinsichtlich der Altersabhängigkeit führten REDA und HATHOUT (1957) durch. Sie konnten sechzig ägyptische Schafe in folgende Altersgruppen einteilen:

0. - 60. Tag	("neugeborene Lämmer")
2. - 12. Monat	("Lämmer")
1 - 2 Jahre	("junge Schafe")
2 - 5 Jahre	(" erwachsene Schafe")

Autor	Tier- zahl	Rasse, Geschlecht und Alter	Leukozyten pro (1/mm ³)	Lymphozyten (%)	Neutrophile (%)	Eosino- phile(%)	Basophile (%)	Monozyten (%)
FRASER, A.C.	10	adult	8000	52	39	4,9	0,7	3,2
GESKE, H.	83	männl. u. weibl.	10389	50-62	21-35	5-15	0,6	4-8
HACKETT, P. L. et al.	200	adult u. Lämmer der Suffolk-Rasse	9950 ⁺ 250	64,9 ⁺ 0,7	29,9 ⁺ 0,7	2,4 ⁺ 0,3	0,5 ⁺ 0,06	2,5 ⁺ 0,2
HOLMAN, H. H. (1944)	115	Scottish hill sheep Cheviots Blackfaces u. Kreuzungen	9200	67,3	24	4,2	0,5	2,3
KRÖLLING, O. / GRAU, H.	--1)	--	12000	57	32	8,8	0,2	2
LOEFFLER, K.	--	--	17000	--	--	--	--	--
WEISS, E.	--	--	8000- 12000	45-65	25-40	4-6	0-1	3-8
KLEBERG, E.	--	--	8845	64-69	19-35	6-14	0,5-1,3	4-9
WIRTH, D.	--	--	8000- 10000	55	33,5	8	0,5	3
LUEDKE, A. J.	200	Warhill, Hampshire u. Kreuzungen	7119 ⁺ 266	--	--	--	--	--
"	30	8 Monate bis 5 Jahre	3000-12100	--	--	--	--	--

Tabelle II.1.1.: Das weiße Blutbild beim Schaf
gemäß den verschiedenen Literaturangaben

1) "--" bedeutet "ohne
besondere Angaben des
Autors"

Autor	Tier- zahl	Rasse, Geschlecht und Alter	Leukozyten (1/mm ³)	Lymphozyten (%)	Neutrophile (%)	Eosino- phile(%)	Basophile (%)	Monozyten (%)
MAREK, J. / MOCSY, J.	--1)	--	4000-8000	55	35	5	0,5	3,5
THE MERCK VETERINARY MANUAL 2)	--	--	5000-13000	2000-4000	700-6000	0-1000	--	0-750
SCHALM, O.W. (1965)	--	--	8000	62	30	5	0,5	2,5
SCHEUNERT, A. / TRAUTMANN, A. (1957)	--	--	17000	40-70	30-40	5-15	1	2-5
SCHEUNERT, A. / TRAUTMANN, A. (1976)	--	--	4000-12000	45-70	30-40	5-15	<1	2-5
SCHULZE, W. et al.	52	Skudden, Karakul, Merino, Milchscharf Mufflon, Zackselschaf	2900-13200	--	--	0,5-28,25	0,25-0,75	0,25-2,5
TODD, A.C. et al.	55 35	Southdown(trächtigt) Hampshire(trächtigt)	7260 ⁺²⁶⁴ 7740 ⁺³⁶⁵	62,4 ^{+1,22} 62,0 ^{+1,46}	27,6 ^{+1,04} 28,5 ^{+1,39}	6,2 ^{+0,52} 5,5 ^{+0,60}	1,4 ^{+0,14} 1,9 ^{+0,18}	2,4 ^{+0,19} 2,2 ^{+0,25}
JAKSCH, W. / GLAWITSCHNIG, E.	--	--	4000-12000	40-75	10-50	0-10	0-3	0-6
WEAVER, A.D.	50	Blackface Cheviot, männl. 3-7 Jahre	10000 ⁺⁴¹⁰⁰	59 ⁺¹¹	36 ⁺¹¹	--	--	--

Fortsetzung: Tabelle II.1.

- 1) "--" bedeutet "ohne besondere Angaben des Autors"
2) Wertangaben in 1000/mm³ für alle Blutfraktionen

Nachfolgende Tabelle von REDA und HATHOUT (1957) gibt eine Übersicht über das altersabhängige Verhalten der Leukozytenwerte und des Differentialblutbildes:

Altersgruppe	Leukozyten (1/mm ³)	Lympho- zyten(%)	Neutro- phile(%)	Eosino- phile(%)	Baso- phile(%)	Monozyten (%)
neugeborene Lämmer	10000	44,0	64,5	0,2	0,1	1,2
Lämmer	8500	55,0	39,0	2,5	0,5	3,0
junge Schafe	9200	48,5	43,0	4,0	0,2	4,3
erwachsene Schafe	8000	50,0	41,0	5,7	0,3	3,0

Die hämatologischen Parameter wurden mittels Neubauers Hämozytometer und Blutaussstriche gewonnen.

GRUNSELL (1955) untersuchte den Einfluß des Alters an 44 Schafen, wobei er die Altersgruppen in jährlichen Abständen zusammenfaßte. Er konnte dabei keine Altersabhängigkeit der Leukozyten feststellen.

HACKETT et al. (1957) untersuchten die Altersabhängigkeit des weißen Blutbildes an der Suffolk-Herde, bestehend aus Muttertieren und ihren im Jahre 1950 und 1951 geborenen Lämmern. Es zeigte sich hier mit zunehmendem Alter ein signifikanter Abfall der Leukozyten, was auf einen Abfall der Lymphozyten zurückzuführen war.

Während BAKER (1933) die höchsten Leukozytenwerten bei Jährlingen vorfand, stellten HACKETT et al. (1957) mit zunehmender Zeit einen Abfall der Leukozyten fest.

Interessanterweise beobachteten HACKETT et al. (1957) mit zunehmendem Alter einen Anstieg der Neutrophilenprozentwerte, während die absoluten Zahlen der Neutrophilen gleich blieben. Keine Altersabhängigkeit ließ sich bei den Prozentwerten der Eosinophilen, Basophilen und Monozyten feststellen. Demnach waren die signifikanten Unterschiede bei:

a) den Leukozyten ($1/\text{mm}^3$):

Muttertiere < Lämmer von 1950 < Lämmer von 1951

b) den Lymphozyten (%)

Muttertiere < Lämmer von 1950

c) den Neutrophilen (%):

Muttertiere > Lämmer von 1950

Eine der ausführlichsten Untersuchungen führten ULLREY et al. (1965) durch, besonders bezüglich neugeborener Lämmer. (Die Blutentnahme erfolgte post partum im Stundenabstand). In nachstehender Tabelle sind die Mittelwerte und ihre Standardfehler angegeben. Das Schafmaterial rekrutierte sich aus Hampshire-, Skropshire- und Suffolkschafen. Auch bei ULLREY et al. kamen Zählkammer und Blutaussstrich zum Einsatz.

Zeit	Leukozyten ($1/\text{mm}^3$)	Lymphozyten (%)	Neutrophile (%)	Eosinophile (%)
Geburt	3032 ± 207	64 ± 3	34 ± 3	$0,2 \pm 0,07$
6. Std.	5390 ± 300	50 ± 3	49 ± 3	$0,3 \pm 0,13$
12. Std.	6159 ± 378	46 ± 3	52 ± 3	$0,4 \pm 0,10$
24. Std.	5549 ± 273	50 ± 3	48 ± 3	$0,6 \pm 0,13$
48. Std.	4262 ± 219	62 ± 2	37 ± 2	$0,2 \pm 0,07$
5. Tag	6342 ± 247	60 ± 2	36 ± 2	$0,2 \pm 0,07$
8. Tag	7809 ± 145	60 ± 2	38 ± 2	$0,4 \pm 0,10$
14. Tag	7404 ± 366	60 ± 2	36 ± 2	$1,2 \pm 0,18$
1. Mon.	7892 ± 224	68 ± 1	29 ± 1	$2,0 \pm 0,22$
2. Mon.	9014 ± 221	76 ± 1	22 ± 1	$1,1 \pm 0,11$
3. Mon.	9525 ± 186	76 ± 1	23 ± 1	$0,7 \pm 0,12$
5. Mon.	9097 ± 219	78 ± 1	20 ± 1	$1,4 \pm 0,17$
8. Mon.	6637 ± 291	71 ± 1	25 ± 1	$2,5 \pm 0,33$
12. Mon.	7341 ± 552	78 ± 3	16 ± 1	$2,6 \pm 0,51$

Beim Studium der Tabelle treten einige interessante Aspekte zutage:

- a) die Leukozytenzahlen steigen mit zunehmendem Alter (bis ca. 3. Monat) an,
- b) zunächst zeigt sich ein Abfall der Lymphozytenwerte und dann wieder ein Anstieg,
- c) die prozentualen Anteile der Neutrophilenzahlen verhalten sich genau umgekehrt zu denen der Lymphozytenzahlen,
- d) die Eosinophilenzahlen steigen mit zunehmendem Alter an.

Aufgrund der besonderen Zeitwahl in seinen Untersuchungen konnten ULLREY et al. (1965) nachweisen, daß die Neutrophilenprozentwerte von der Stunde 0 bis zur 12. Stunde ansteigen und danach wieder abfallen.

Bemerkenswert selten kommt es vor, daß von Autoren nur männliche Tiere hämatologisch analysiert werden. So haben JONES und KREBS (1972) in bestimmten Zeitabständen insgesamt 700 Schafböcke bzw. Hammel derselben Rasse mit 40-50 kg Körpergewicht untersucht (s. nachfolgende Tabelle). Die Tiere entstammten alle demselben geographischen Raum und wurden jeweils über ein Auktionszentrum bezogen. Es ergab sich für JONES und KREBS, daß die Mittelwerte der hämatologischen Parameter signifikante Unterschiede zwischen den sechs Gruppen aufzeigten. Die Leukozyten waren mittels Coulter Counter gezählt und das Differentialblutbild durch Ausstrich erstellt worden.

Die Blutentnahme erfolgte entweder eine Woche nach der Lieferung (Gruppe 1,2,4 und 5) oder eine Woche nach der letzten Entwurmung (Gruppe 3 und 6).

Die signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen wurden von den Autoren auf unterschiedlichen Parasitenbefall, jahreszeitliche Unterschiede sowie auf Ernährungsfaktoren zurückgeführt.

Gruppe	Untersuchungs- zeitpunkt	Leukozyten	Granulozyten	Monozyten
1	Oktober	7140 $\pm$ 2080 ¹⁾	2300 $\pm$ 1340	4850 $\pm$ 1700
2	März	6300 $\pm$ 1930	1860 $\pm$ 940	4440 $\pm$ 1550
3	März	7880 $\pm$ 2070	2220 $\pm$ 1370	5670 $\pm$ 1620
4	Juni	8270 $\pm$ 2110	2630 $\pm$ 1190	5640 $\pm$ 1880
5	September	6160 $\pm$ 1910	1640 $\pm$ 980	4510 $\pm$ 1580
6	Februar	8620 $\pm$ 2030	1760 $\pm$ 980	6850 $\pm$ 1900

HÜBNER (1971) konnte bei seiner Arbeit über das weiße Blutbild des Schafes auf eine erhebliche Anzahl von Tieren (394 weibliche Schwarzkopfschafe) zurückgreifen, welche in Altersklassen von 1-9 Jahren eingeteilt werden konnten; HÜBNER postulierte eine Altersunabhängigkeit der weißen Blutparameter¹⁾. Die Leukozytenwerte wurden mittels Coulter Counter festgestellt und das Differentialblutbild durch das Ausstrichverfahren (200 Zellen wurden im Endstreifen des Präparates ausgezählt).

Von PAULSEN et al. wurde nachfolgendes Datenmaterial im Jahre 1974 nochmals aufgenommen. Dabei wurden die Lymphozyten logarithmisch transformiert.

Blutfraktion	$\bar{x}$	s
Leukozyten	7358	$\pm$ 2002
kleine Lymphozyten	62,92%	$\pm$ 10,15%
große Lymphozyten	5,08%	$\pm$ 2,33%
Neutrophile	26,19%	$\pm$ 8,60%
Eosinophile	4,71%	$\pm$ 3,37%
Basophile	0,49%	$\pm$ 0,58%
Monozyten	0,61%	$\pm$ 0,64%

1) Angegeben sind die Mittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen.

Die Autoren stellen eine Altersabhängigkeit fest, wobei die Lymphozyten in drei Altersgruppen eingeteilt werden konnten:

Stichprobenumfänge (n) sowie Stichprobenmittelwerte ($\bar{x}_i$) und Streuungen der absoluten Lymphozytenzahlen und deren Logarithmen bei 3 Altersgruppen leukosefreier Schafe

Lebensjahr	n	Mittelwert $\bar{x}_i$ (Mittelwert $\log x_i$)	Streuung s_i (Streuung $\log x_i$)
1.	54	5944 (3,7487)	2125 (0,149)
2.-4.	214	5073 (3,6904)	1312 (0,115)
5. und älter	125	4415 (3,6293)	1208 (0,117)

Richtwerte verschiedenster Blutparameter einiger Schweizer Schafrassen wurden von BOSS et al. (1979) in tabellarischer Form präsentiert. In die Untersuchungen waren 202 Schafe beiderlei Geschlechts eingegangen, welche sich auf vier Rassen verteilten und drei Altersgruppen angehörten. Auszugsweise sollen hier die Tabelle der drei Altersgruppen wiedergegeben werden:

- 1) Blutbild aller Schafe der ersten Altersgruppe (0.-6. Mon.) unabhängig von Rasse und Geschlecht

	$\bar{x}$	s	N
Leukozyten ($1/\mu l$)	9105	2382	56
Neutrophile (%)	28,45	9,09	56
Lymphozyten (%)	68,90	9,44	56
Eosinophile (%)	2,15	4,52	56

- 2) Blutbild aller Schafe der zweiten Altersgruppe (8.-17. Mon.)
unabhängig von Rasse und Geschlecht

	$\bar{x}$	s	N
Leukozyten (1/ μ l)	7929	2027	63
Neutrophile (%)	27,09	10,89	63
Lymphozyten (%)	69,98	11,16	63
Eosinophile (%)	2,45	2,20	63

- 3) Blutbild aller Schafe der dritten Altersgruppe (ab 18 Mon.)
unabhängig von Rasse und Geschlecht

	$\bar{x}$	s	N
Leukozyten (1/ μ l)	8087	2120	83
Neutrophile (%)	30,55	9,14	83
Lymphozyten (%)	62,17	10,53	83
Eosinophile (%)	6,42	5,41	83

Die Ergebnisse der Untersuchungen können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Eine Altersabhängigkeit kann für die Eosinophilenzahlen nachgewiesen werden; sie steigen mit zunehmendem Alter an.
 - Bei den Lymphozyten-, Neutrophilen- und Eosinophilenzahlen liegen zum Teil rassegebundene Unterschiede vor, welche jedoch auch durch relativ geringe Stichprobenumfänge hervorgerufen werden können.
- Geschlechtsgebundene Unterschiede konnten beim weißen Blutbild nicht nachgewiesen werden.

CHIBOKA und THOMAS (1981) untersuchten anhand verschiedener Kreuzungsprodukte den Einfluß der Rasse auf das weiße Blutbild, und es zeigte sich dabei, daß die Werte der Leukozyten, Neutrophilen und Lymphozyten vom Typ des verwendeten Bockes abhingen. Des weiteren stellte der Zeitpunkt der Blutentnahme einen bemerkenswerten Aspekt dar: so sollen von ihm die Hb-Konzentration und die Leukozyten- sowie Eosinophilenkonzentration abhängen (tageszeitliche und klimatische Ab-

hängigkeiten).

HOLMAN (1944) untersuchte 171 Schafe verschiedener Rassen und kam dabei zu folgenden Ergebnissen:

- die jugendlichen Neutrophilen sind bei Lämmern zahlreicher vertreten als bei älteren Tieren,
- die Eosinophilen steigen mit zunehmendem Alter an,
- zwischen weiblichen und männlichen Tieren (bzw. Kastraten) existieren keine gravierenden Unterschiede, so daß diese vernachlässigt werden können,
- es gibt keine rassebedingten Unterschiede.

Interessanterweise gingen bei WEAVER (1974) nur männliche Tiere - so in erster Linie: Blackface - in die Untersuchungen ein.¹⁾

Die Unterschiede, welche WEAVER (1974) bezüglich der Leukozytenzahl im Gegensatz zu TODD et al. (1952), GRUNSELL (1955) und HOLMAN (1944) herausfand, erwiesen sich als recht beträchtlich, jedoch nicht als signifikant. WEAVER (1974) führte dies auf chronische Erkrankungen zurück, die allerdings erst bei der Sektion festgestellt wurden.

1) S. Tab.II.1

2.3. Der Einfluß der Fütterung

MÜLLER (1926) stellte den Einfluß von Stall- und Weidehaltung auf das weiße Blutbild dar. Er konnte beobachten, daß bei den auf der Weide gehaltenen Schafen alle weißen Blutparameter etwas höher waren als bei jenen Schafen, die im Stall gehalten wurden. Dies gilt jedoch nicht für die Monozyten und Eosinophilen, da deren Werte bei im Stall gehaltenen Schafen höher liegen. KLEEBERG (1927) fand heraus, daß die Leukozytenzahl nach der Weideperiode leicht höher war als bei der Stallhaltung.

Die Nahrungszusammensetzung soll vor allem Einfluß auf die Eosinophilenkonzentration haben. Nach FERREIRA NETO (1978) führt eine eiweißreiche Diät zu einem Anstieg der Eosinophilenkonzentration.

2.4. Der Einfluß von Trächtigkeit und Geburt

MÜLLER (1926) hat bei seiner Untersuchung über einen Geburtseinfluß keinen Unterschied zwischen trächtigen und nichtträchtigen Schafen registriert.

STORCH (1901) hingegen stellte bei trächtigen Tieren eine Leukozytose fest; KLEIN und BROICHER (1938) schließlich ermittelten eine Lymphopenie sowie eine Neutrophilie während der Zeit der Trächtigkeit.

ULLREY et al. (1965) haben im Rahmen ihrer umfangreichen hämatologischen Studie auch das trächtige Schaf sowie den Zeitpunkt der Geburt und des Puerperiums miteinbezogen (s. Tab. auf der nächsten Seite). Anzumerken wäre, daß die stabkernigen Granulozyten von 0,1% (2. Monat der Trächtigkeit) auf 0,8% (zum Zeitpunkt der Geburt) ansteigen.

Nach der bei der Geburt festgestellten Leukozytose, Lymphopenie, Eosinopenie und Neutrophilie werden 14 Tage p.p. die alten Werte wieder erreicht.

Zeit	Leukozyten (1/mm ³)	Lymphozyten (%)	Neutrophile (%)	Eosinophile (%)	Monozyten (%)
2. Monat der Trächtigkeit	7609 [±] 262	61 [±] 2	30 [±] 1	6,9 [±] 0,54	0,9 [±] 0,13
3,5. Monat der Trächtigkeit	8129 [±] 407	64 [±] 2	30 [±] 1	4,7 [±] 0,35	1,2 [±] 0,04
4,5. Monat der Trächtigkeit	8006 [±] 250	57 [±] 1	38 [±] 1	3,8 [±] 0,40	1,1 [±] 0,04
Geburt	9020 [±] 391	38 [±] 1	60 [±] 2	0,5 [±] 0,17	0,6 [±] 0,11
14 Tage p.p.	7271 [±] 368	49 [±] 2	45 [±] 3	3,7 [±] 0,76	0,7 [±] 0,19

DAY und CORBEL (1974) infizierten Mutterschafe auf künstlichem Weg mit *Aspergillus flavus*, und auch hier ließen sich zum Zeitpunkt der Geburt (bzw. des Abortes) eine ausgeprägte Leukozytose und Neutrophilie feststellen. Allerdings gab es auch eine Korrelation zwischen dem Anstieg der weißen Blutzellen und der verabreichten Dosis.

ANOSA und OGBOGU (1979) untersuchten die Blutwerte von zehn westafrikanischen Zwergmutterschafen, und zwar vom siebten bis dritten Tag vor der Geburt bis zum 28. Tag nach der Geburt. Sie kamen zu folgender Feststellung:

Am Tage der Geburt weisen die Schafe eine Leukozytose, eine Lymphopenie, eine starke Neutrophilie und eine leichte Eosinopenie auf. Vierzehn Tage post partum sind die alten präpartalen Level wieder erreicht.

2.5. Der Einfluß von Streß bzw. Hormonen auf das weiße Blutbild

Stressoren aktivieren den Hypothalamus und wirken somit als auslösender Faktor für die Ausschüttung von Katecholaminen durch das Nebennierenmark auf nervalem Wege und auch für die Freisetzung von Glukokortikoiden auf hormonalem Weg durch die Nebennierenrinde (GIERSBERG, 1972; FABER und

HAID, 1972). Unter Streß bzw. hormonellem Einfluß (Glukokortikoide bzw. ACTH) kommt es zu folgenden Reaktionen bezüglich des weißen Blutbildes¹⁾:

- Erniedrigung der Lymphozytenzahl,
- Vermehrung der Neutrophilen (Ablösung von den Gefäßwänden),
- Abnahme der Eosinophilen im Blut.

GOHARY (1978) untersuchte die Auswirkung des Blutentnahmestresses auf das Blutbild an acht weiblichen Schafen. Bezüglich des weißen Blutbildes kam er zu folgenden Ergebnissen:

- der Fixationsstreß (Zeitraum 1-2 Minuten) hat keinen Einfluß auf das weiße Blutbild mit Ausnahme der Eosinophilen; diese sind um 16% erhöht,
- 11 min nach Streßbeginn ist die Zahl der Leukozyten um mehr als 10% erhöht.

NICOLAU et al. (1972) stellten fest, daß beim Schaf das weiße Blutbild durch die wiederholte Blutentnahme nicht eindeutig verändert wird.

Die Verabreichung von ACTH oder eines Glukokortikoids verursacht nach KOLB und FÜRLI (1973) beim Schaf eine Eosinopenie, die weniger deutlich ausgeprägt ist als bei monogastrischen Tieren. Vier bis acht Stunden nach einer Adrenalininjektion sind die Eosinophilen erniedrigt; eine diurnale Schwankung der Eosinophilen konnten die beiden Autoren nicht nachweisen.

Körperliche Bewegung und Adrenalinapplikation verursachten beträchtliche Anstiege des Hämatokrits bei gesunden Schafen und Ziegen, nicht jedoch bei splenektomierten Schafen (ANOSA und ISOUN, 1978). Bei zugekauften Schafen stieg nach Jugularvenenpunktion der Hämatokrit leicht an, nicht jedoch bei schon länger eingepferchten Schafen. Nach

1) Vgl. GANONG, 1974 und HARPER et al., 1975.

vier Monaten aber konnte bei zugekauften intakten Schafen aufgrund einer stattgefundenen Konditionierung keine Erhöhung des PCV (Pack Cell Volume) nach Jugularvenenpunktion mehr festgestellt werden.

HOLMAN (1944) untersuchte bei drei Schafen die Auswirkungen körperlicher Bewegung (ausgelöst durch einen Hirtenhund) und fand, daß kaum Blutbildveränderungen festzustellen sind. Die Blutentnahmen fanden kurz vor, unmittelbar nach und schließlich noch eine Stunde nach der gezielt aktivierten Bewegungsphase statt.

MCDONALD et al. (1981) fingen Wildschafe (Nelson desert bighorn sheep) nach zwei unterschiedlichen Methoden: die erste Gruppe von Schafen wurde mit Netzen gefangen, die zweite Gruppe nach Immobilisierung durch ein Narkotikum (Etorphin). Die Schafe der ersten Gruppe zeigten doppelt so hohe Leukozytenwerte wie die Schafe der zweiten Gruppe.

2.6. Der Einfluß der Jahreszeiten

Nach RAHMAN und AHMED (1974) sowie nach ØVERÅS (1969) liegen die Leukozytenwerte des Sommers deutlich über denen des Winters

Autor	Tierzahl	Rasse, Alter und Geschlecht	Leukozyten (1/mm ³)	Jahreszeit
RAHMAN und AHMED	118	Bangladesh Land-	13680 ⁺ 2510	Frühling
		rasse	13870 ⁺ 2810	Sommer
		1 Monat -6 Jahre	13160 ⁺ 3200	Herbst
			12170 ⁺ 2520	Winter
ØVERÅS	12	norwegische	5730 ⁺ 1010	Dezember
		Landrasse	5180 ⁺ 1120	März
		3-7 Jahre	3570 ⁺ 1000	April
		weiblich	5770 ⁺ 1470	Juni

RAHMAN und AHMED stellen signifikante Unterschiede bei der Erythrozytenzahl zwischen Winter und Sommer fest. Die Autoren machen jedoch keine Angaben darüber, ob die Unterschiede bei den Leukozytenwerten der verschiedenen Jahreszeiten signifikant sind oder nicht.

HOLMAN (1944) untersuchte vier Schafe 2 Jahre lang, und zwar in monatlichen Abständen. Bezüglich des weißen Blutbildes ließen sich keinerlei jahreszeitliche Einflüsse erkennen.

Bei der von GRUNSELL (1955) durchgeführten Untersuchung finden sich die höchsten Leukozytenwerte im Juni, die niedrigsten dagegen im Juli. Der Autor macht jedoch keine Angaben, ob diese Unterschiede signifikant sind oder nicht.

2.7. Die Frage nach der Verteilung der Komponenten des weißen Blutbildes

Im Jahre 1939 berichteten OSGOOD et al., daß die Neutrophilen des erwachsenen Menschen einer linkssteilen Verteilung (positive skewness) folgen, mithin nicht normalverteilt sind. Eine Abweichung von der Normalverteilung stellten auch HAMRE und AU (1942) fest.

Die schon erwähnten Autoren PERMAN et al. (1970) und THEILEN et al. (1967) arbeiteten erstmals mit den Logarithmen der Blutwerte, nachdem sie mittels Histogrammen näherungsweise eine Normalverteilung der logarithmierten Werte festgestellt hatten.

LORENZ und STRAUB (1976) wiesen die Normalverteilung der logarithmierten Leukozyten und Lymphozyten bei Rindern derselben Altersgruppe mittels eines Wahrscheinlichkeitsnetzes nach.

Zuvor schon konnten JONES und KREBS (1972) nachweisen, daß die Granulozyten- und Mononuklearprozentwerte annähernd

normalverteilt sind. Signifikante Abweichungen von der Normalität ergaben sich für die absoluten Leukozyten-, Granulozyten- und Monozytenwerte. Nach KREBS und JONES (1972) entfallen auf die Granulozytenwerte 85% Neutrophile und auf die Monozytenwerte 96% Lymphozyten. Diese Blutzellen zeigen eine linkssteile Verteilung bzw. eine Kombination aus Wölbung und linkssteiler Verteilung.

PAULSEN et al. (1974) übernahmen diese Erkenntnisse und arbeiteten erstmals mit logarithmierten Blutwerten beim Schaf.

2.8. Der Leukoseschlüssel beim Schaf

Im Rahmen seiner Dissertationsarbeit versuchte HÜBNER (1971) auch einen Leukoseschlüssel für das Schaf aufzustellen. Er suchte diesen "empirisch" zu definieren, indem er auf Leukoseberichte von ENKE et al. (1961: sechs Schafe), ULBRICH et al. (1970: zwei Schafe) und PAULSEN et al. (1971: fünf Schafe) zurückgriff:

- 1) verdächtiger Bereich:
Lymphozytenwerte: 15000-20000
und relative Lymphozytenzahl: über 80%
- 2) leukotischer Bereich:
Lymphozytenwerte: über 20000
und relative Lymphozytenzahl: über 80%

Bei der Erstellung eines Leukoseschlüssels (der erste für Schafe überhaupt, zitiert nach BEHRENS, 1979) griffen PAULSEN et al. (1974) auf die 95%- und 99%-Toleranzgrenze zurück in Anlehnung an BENDIXEN (1960) und PERMAN et al. (1970). Somit ergeben sich für den Leukoseschlüssel (streng genommen nur für Schwarzkopfschafe gültig, der

Verf.) folgende Werte¹⁾:

Lebensjahr	obere Toleranzgrenze bez.	
	95%	99%
1.	10000	12900
2.-4.	7600	9100
5. und älter	6700	8100

2.9. Die Abhängigkeit der Meßergebnisse von den gewählten Meßmethoden

Nach SILBERSTERN (1932) wäre eine Differenzierung von 2000-10000 Zellen erforderlich, um sich dem wahren Wert des Differentialblutbildes zu nähern. Dies ist jedoch nach Ansicht des Verfassers für die praktische Arbeit unmöglich. An anderer Stelle seiner Arbeit weist SILBERSTERN nach, daß die Verdoppelung der Anzahl der differenzierten Zellen von 100 auf 200 nicht zu einer Verdoppelung der Präzision der Untersuchungsergebnisse führt.

GERHARTZ (1961) beziffert den Fehler, den man bei der Auszählung der weißen Blutkörperchen mit einer Zählkammer begeht, auf $\pm 10-20\%$ und führt dies auf die rasche Ermüdbarkeit des Auges zurück. Monotonie der Beschäftigung und fortschreitende Ermüdbarkeit sind auch nach MAIBAUER (1961) gewichtige Fehlerquellen.

Prozentzahlen, die eine Gesamtheit kennzeichnen sollen, sind um so zuverlässiger, je größer die Stichprobe ist.

NIEPAGE (1974) gibt folgende Beispiele:

Bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%

1) Vgl. PAULSEN et al., 1974.

hängen die Vertrauensbereiche der ausgezählten Prozentwerte vom gewählten Stichprobenumfang ab. Dabei gilt:

- a) Werden 35% einer bestimmten Zellart beim Differenzieren gefunden, so liegen die Vertrauensbereiche für
- | | | |
|---------|---------|----------|
| n = 100 | bei 27% | und 44% |
| n = 200 | bei 30% | und 42%, |
- b) werden 65% einer bestimmten Zellart gefunden, so liegen die Vertrauensgrenzen für
- | | | |
|---------|---------|----------|
| n = 100 | bei 56% | und 73% |
| n = 200 | bei 58% | und 70%. |

Daraus folgt, daß die Vertrauensgrenzen bei $n = 200$ um 5% enger gefaßt sind als bei einer Auszählung von $n = 100$.

LORENZ und STRAUB (1976) hatten bei ihrer nationalen Studie über die Gültigkeit des Göttinger Leukoseschlüssels mit erwarteten Schwierigkeiten zu kämpfen. Die Annahme, daß es keine Unterschiede zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Coulter Counters gäbe, erwies sich als falsch. So fanden die Autoren beträchtliche Schwankungen bei der Auswertung der Leukozytenkonzentration desselben Tieres durch fünf verschiedene Laboratorien mit jeweils unterschiedlichem Coulter Counter.

Es scheint daher fraglich, so die Befürchtung der Autoren, ob Rassenunterschiede überhaupt aufgrund technisch bedingter Schwankungsursachen erkannt werden können.

Nach dieser nationalen Studie folgte eine EG-weite Studie im Jahr 1978. Da die Schwierigkeiten bezüglich der Reproduzierbarkeit der Werte von elektronischen Zählgeräten aus der nationalen Studie bekannt waren, wurden vorab mehrere Vergleichstests auf internationaler Ebene mit 16 elektronischen Zählgeräten durchgeführt.

Parallel dazu wurde die Leukozytenzahl durch Zählkammern (Hämozytometer) bestimmt. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Vergleichstests sind:

- Viele der elektronischen Zählgeräte zeigen (im Gegensatz zum Hämozytometer) signifikante Abweichungen bezüglich der täglich gewonnenen Zählwerte. Dies bedeutet, daß die Werte der elektronischen Leukozytenbestimmung nach verschiedenen Zeitintervallen nicht mehr reproduzierbar sind.
- Der Gesamtdurchschnitt der Laboratoriumswerte eines einzelnen Tages liegt für elektronische Zählwerte etwas höher als der für die visuellen Zählwerte (1-10%). Werden beide Methoden von *einem* Labor durchgeführt, ergeben sich signifikante Differenzen zwischen Werten der Zählkammer und des Zählgerätes.
- Ferner gilt, daß die Schwankungen innerhalb eines Labors für die Kammerwerte weit größer sind als für die elektronisch ermittelten Werte, weil die Anzahl der elektronisch gezählten Werte viel größer ist als die der visuell gezählten Werte.
- Die erheblichen Meßwertunterschiede zwischen den Labors deuten darauf hin, daß die Schwankungen der elektronischen Meßwerte viel größer sind als bei den Kammerwerten.

Dies bedeutet, daß die Effekte, welche durch Differenzen zwischen den Kammern verschiedener Laboratorien hervorgerufen werden, kleiner sind als jene Effekte, die durch Differenzen zwischen Zählgeräten zustande kommen. Es sind zwei Ursachen zu nennen, welche für die große Schwankungsbreite der Coulter Counter verantwortlich sind:

- 1) Die Eichkurven haben ein weites Plateau, so daß bei der Schwellenwertsetzung ein zu großer Spielraum besteht, den Schwellenwert willkürlich zu setzen.
- 2) Der Mangel an Reproduzierbarkeit ist nahezu vollständig auf Schwankungen der Blutproben volumina des automatischen Verdünnners zurückzuführen.

Jene Werte, die bei parallel durchgeführten Kammerzählungen ermittelt wurden, liegen in der Regel etwas niedriger als die, welche durch elektronische Geräte festgestellt wurden. Bezüglich der Reproduzierbarkeit mußte jedoch den Zählkammern der Vorzug eingeräumt werden. Es bleibt festzustellen, daß eine zufriedenstellende Standardisierung bei der Bestimmung des weißen Blutbildes gegenwärtig nicht möglich ist.

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Material

Die Zahl der in der BFA untersuchten Schafe beläuft sich auf 297 und verteilt sich auf die drei Rassen der Merinoland-¹⁾, Texel- und Milchschafe. Von diesen Tieren wurden Untersuchungsprotokolle angelegt, aus denen Geburtsdatum bzw. bei Zukauf: geschätztes Alter, Datum der Blutentnahme, das Differentialblutbild und Lammungsdaten zu entnehmen sind. Des weiteren sind Manipulationen wie Leukoseübertragungsversuche, künstliche Infizierung mit Visna-Maedi-Virus sowie Vakzinationen ersichtlich. Den Untersuchungsprotokollen sind zum Teil pathologische Untersuchungsberichte beigelegt.

Die erste Aufgabe war, einen hämatologischen Normbereich für die weißen Blutzellen von Schafen zu definieren, d.h. für jede Rasse und jedes Geschlecht eine Referenzherde zu schaffen.²⁾ Es werden zu diesem Zweck die Schafe einer jeden Rasse zunächst nach Geschlecht getrennt. Da im Schrifttum auf eine Abhängigkeit der Leukozytenzahlen vom Alter der Schafe hingewiesen wird, werden dann anhand der Protokolle Altersklassen festgelegt.

Es bietet sich an, die Altersgruppen für Lämmer bis zu einem Alter von vier Wochen in *Tagen* festzulegen, weil am Tage der Geburt eine relativ große Anzahl von Differentialblutbildern zur Verfügung steht. So lassen sich genauere Informationen über das Differentialblutbild junger Lämmer gewinnen.

-
- 1) Die Merinolandschafe werden im folgenden nur als 'Merinoschafe' bezeichnet.
 - 2) Nach NIEPAGE (1974) wird die Norm durch Definition wie folgt festgelegt: "Als Norm wird deshalb derjenige Bereich definiert, in dem bei gesunden und in mittlerer Reaktionslage befindlichen Probanden am häufigsten Merkmalswerte vorkommen."
Über die Grenzen dieses Normbereiches werden später Aussagen gemacht.

Sind die Beobachtungen am Tage der Geburt noch relativ häufig, so nehmen sie in den nachfolgenden Tagen jedoch rasch ab, so daß nur zwei Altersgruppen - nach Tagen gezählt - gebildet werden können. (Es sind dies die Altersgruppen "0.-4. Tag" und "9.-14. Tag".)

Sind die Schafe älter als vier Wochen, werden die Altersgruppen in *Monaten* festgelegt. Auch hier nimmt die Anzahl der Beobachtungen mit steigendem Alter ab. Es werden deshalb ab dem 7. Monat 'Dreimonatsintervalle' gebildet, so daß für jede Altergruppe genügend viele Beobachtungen gewährleistet sind.

Gemäß diesen Ausführungen ergeben sich folgende Altersgruppen:

- 0. Monat (0.-4. Tag) und 0,5. Monat (9.-14. Tag)
- 1. Monat 2. Monat, ..., 6. Monat
- 7.-9. Monat, 10.-12. Monat, ...

Ist innerhalb einer 'Dreimonatsgruppe' ein Schaf mit mehreren Blutwerten vertreten, wird ein Wert durch das Los (würfeln) bestimmt; entsprechendes gilt auch für die 'Altersgruppen in Tagen'. Dies soll verhindern, daß die Stichproben aus nicht-unabhängigen Werten bestehen.

Für die Bestimmung des Normbereiches werden nur solche Referenzschafe verwendet, bei denen - retrospektiv - gewährleistet ist, daß an ihnen keine Manipulationen vorgenommen worden sind, welche das weiße Blutbild beeinflussen könnten. Sind jedoch Manipulationen vorgenommen worden, so gelangen nur die Blutwerte, die vor der Manipulation gewonnen worden sind, in den Referenzbereich. Ebenso werden auch jene Schafe nicht verwendet, bei denen den Protokollen entnommen werden kann, daß sie beispielsweise aufgrund starken Parasitenbefalls klinisch nicht gesund sind. Vakzinationen, z.B. gegen *Echtyma contagiosa*, führen dazu, daß die Blutwerte solcher Schafe bis zu zwei Monaten post vacc. nicht berücksichtigt werden.

Manipulationen, welche zum Ausschluß führen, sind folgende:

- a) Gaben von Milch, Serum, Harn, Liquor, Atemluft von

leukotischen oder leukoseverdächtigen Tieren.

- b) Übertragungsversuche mit Visna-Maedi-Virus
- c) Kontakt mit kranken Tieren.
- d) Impfung mit Antigen p24.

Somit gelangen nur jene Blutwerte in den Referenzbereich, die vor dem Zeitpunkt der Manipulationen an Schafen gewonnen worden sind.

Die Altersstruktur der Referenzschafe ist heterogen, da die Manipulationen zu recht unterschiedlichen Zeitpunkten vorgenommen worden sind. Dies hat zur Folge, daß die Blutwerte derart "manipulierter" Schafe zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus der 'Referenzmenge' genommen werden müssen.

Die Verteilung der Referenzschafe auf die jeweiligen Altersgruppen wird in einer tabellarischen Übersicht im Anhang gezeigt (Tabelle A.1.):

Man sieht, daß vor allem in den ersten Altergruppen noch relativ viele Schafe vertreten sind, deren Anzahl jedoch mit zunehmendem Alter geringer wird.

Auch läßt sich verfolgen, wann die Referenzschafe in den Referenzbereich gelangen. Einige Schafe sind nur in den ersten Altergruppen vertreten, manche kommen erst später hinzu, wiederum andere verteilen sich unregelmäßig über die Altersgruppen, so daß die zeitliche Dokumentation des einzelnen Referenzschafes nicht lückenlos ist; dies ist durch das durchgeführte Ausleseverfahren mitbedingt.

Beispielhaft wird in einer weiteren Übersicht (Tabelle A.2. im Anhang) die Gesamtstichprobe der weiblichen Merinoschafe aufgeführt, bei der dann die Auswahlkriterien für den Referenzbereich ersichtlich werden.

In den angelegten Protokollen sind auch die Lammungsdaten der Mutterschafe verzeichnet. Tabelle A.3. im Anhang gibt eine Übersicht über jene Mutterschafe, die sich im Referenzbereich befinden. Dabei werden die einer Geburt nächst-

liegenden Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenwerte (a.p.) sowie die Blutwerte am Tage der Geburt (p.) und dann die ersten verfügbaren Meßdaten nach der Geburt (p.p.) erfaßt.

Einen Überblick über die Gesamtzahl der Schafe und die noch verbleibenden Referenzschafe in Abhängigkeit von Rasse und Geschlecht gibt Tabelle III.1.1.

Tabelle III.1.1.: Gesamtzahl der Schafe sowie der verbliebenen Referenzschafe in Abhängigkeit von Rasse und Geschlecht

Rasse	Gesamtzahl der Schafe		Anzahl der Referenzschafe	
	weiblich	männlich	weiblich	männlich
Milchschafe	27	24	23	20
Texel	67	34	56	31
Merino	75	70	59	60
total	297		249	

2. Methoden

2.1. Leukozytenzählung und Differentialblutbild

Für die Zählung der Schafleukozyten wurden geeichte Bürker Zählkammern und geeichte Pipetten benutzt; die Anfärbung der Leukozyten erfolgte mit Türkscher Lösung. Das Differentialblutbild wurde mittels Ausstrichmethode und Pappenheim-Färbung bestimmt, wobei die Blutzellen im Seitenstreifen durch mäanderförmiges Durchmustern des Präparates¹⁾ differenziert wurden.

Da bei der Erstellung des Differentialblutbildes nur 100 Zellen differenziert wurden, konnten nicht bei allen Schafen Werte für Eosinophile, Monozyten und Basophile festgestellt werden. Für diese drei Blutfraktionen²⁾ mußte den Schafen der Wert 0 zugewiesen werden, welcher aber nicht logarithmiert werden kann. In dieser Arbeit werden daher nur Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen untersucht; es werden außerdem die absoluten Zahlenwerte der einzelnen Blutfraktionen²⁾ bevorzugt, da über das Differentialblutbild keine zuverlässigen Aussagen bezüglich der einzelnen Zellarten und deren Verhältnisse zueinander gemacht werden können.

Als Maßeinheit bei der Leukozytenzählung wird $1/\text{mm}^3$ verwendet ($1/\text{mm}^3 \hat{=} 1\mu\text{l}$). Zur Umrechnung in die SI-Einheit G/L ($G = \text{Giga}: 10^9$) muß der Wert der Dimension $1/\text{mm}^3$ mit 1000 multipliziert werden.

1) Nach MacGREGOR et al. (1940).

2) Unter diesem Begriff sind die einzelnen Bestandteile des weißen Blutbildes, nämlich die Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen zu verstehen.

2.2. Prüfung auf Normalverteilung

Für viele statistische Verfahren - auch solche, die in vorliegender Arbeit verwendet werden - gilt als Grundvoraussetzung, daß das zugrundeliegende Datenmaterial zumindest mit großer Annäherung einer normalverteilten Grundgesamtheit entstammt.

Es wird folgendes mathematische Verfahren angewandt, um eine Normalverteilung festzustellen:

Das Lilliefors-Diagramm (in: LORENZ, 1984) ist ein von LILLIEFORS (1967) und IMAN (1982) entwickeltes graphisches Verfahren. Es handelt sich hier um einen Test auf Nichtnormalität und eine von LILLIEFORS vorgenommene Modifikation des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests.

Jeder Einzelwert ($x_{(i)}$) geht in die Untersuchung ein, indem die nach der Größe aufsteigend geordneten Werte standardisiert werden.

$$z_{(i)} = \frac{x_{(i)} - \bar{x}}{s}$$

$x_{(i)}$	:	i-ter Einzelwert
$\bar{x}$	:	Mittelwert der Stichprobe
s	:	Standardabweichung der Stichprobe
$z_{(i)}$	:	standardisierter Wert

Die standardisierten Einzelwerte $z_{(i)}$ und die dazugehörige relative Häufigkeitssumme werden in das Diagramm eingetragen. Sofern die Punkte dabei die Signifikanzschranken - welche jeweils für einen bestimmten Stichprobenumfang (n) vorgegeben sind - berühren oder überschreiten, spricht dies gegen eine Normalverteilung der Stichprobeneinzelwerte. Bleiben die Punkte jedoch innerhalb der Schranken, so spricht dies *nicht* gegen eine Normalverteilung. Der Lilliefors-Test wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ durchgeführt; dabei werden bei diesem Test auch Abweichungen von der Wölbung einer Normalverteilung erfaßt.

Viele Verteilungen in der Biologie sind *linkssteile* Verteilungen besonders dann, wenn diese links durch den Wert Null begrenzt werden (SACHS, 1984). Kann solch eine linkssteile Verteilung durch eine logarithmische Transformation der Beobachtungswerte in eine Normalverteilung der logarithmierten Beobachtungswerte überführt werden, spricht man von einer *Lognormalverteilung* (LORENZ, 1984).

2.3. Das Ausreißerproblem

Unter einem 'Ausreißer' versteht man einen extrem hohen oder extrem niedrigen Wert innerhalb einer Reihe von Meßwerten; er kann durch einen Meßfehler, Beurteilungsfehler oder einen Krankheitsfall im Untersuchungsmaterial zustande kommen.

Da Ausreißer statistisch relevante Merkmale, wie Mittelwert und Standardabweichung, verfälschen können, werden sie gestrichen. Sie entstammen, wie der Statistiker sagt, einer anderen Grundgesamtheit. Alle Altersgruppen bei weiblichen und männlichen Schafen aller Rassen werden dem Ausreißertest nach DIXON (in: SACHS, 1984) unterworfen. Da beim Dixon-Test die Normalverteilung der Daten Bedingung ist, werden die Beobachtungswerte einer Altergruppe zuerst dem Lilliefors-Test unterworfen. Da nur die Logarithmen einer Normalverteilung folgen, werden also nur diese mit dem Dixon-Test geprüft; es wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,01$ zugrunde gelegt.

2.3.1. Prüfung auf Ausreißer für $n \leq 25$ nach DIXON

Die Prüfung der Stichprobe erfolgt, nachdem die Daten der Größe nach geordnet worden sind; dies geschieht nach vorgegebenen Formeln, welche vom Stichprobenumfang n abhängen. Beispielsweise gilt für die Stichprobenumfänge von $n = 3$ bis $n = 7$:

$$M = \left| \frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_n} \right|$$

Dabei ist:

- x_1 : mutmaßlicher Ausreißer
- x_2 : der x_1 nachfolgende Wert
- x_n : der letzte Wert der Meßreihe
- M : kritische Prüfgröße;

(Die Tabelle mit den kritischen Schranken findet sich in SACHS, 1984).

Für $n = 8$ bis $n = 10$ gilt: $M = \left| \frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_{n-1}} \right|$

Für $n = 11$ bis $n = 13$ gilt: $M = \left| \frac{x_1 - x_3}{x_1 - x_{n-1}} \right|$

Für $n = 14$ bis $n = 25$ gilt: $M = \left| \frac{x_1 - x_3}{x_1 - x_{n-2}} \right|$

Übersteigt M die vorgegebenen Signifikanzschranken für eine gewählte Irrtumswahrscheinlichkeit α , so wird die Nullhypothese (es liegen keine Ausreißer vor) abgelehnt.

2.3.2. Prüfung auf Ausreißer für $n > 25$ nach DIXON

Hier erfolgt die Prüfung auf Ausreißer nach der Formel:

$$T = \left| \frac{x_1 - \bar{x}}{s} \right| \quad , \text{ wobei:}$$

x_1 : mutmaßlicher Ausreißer

$\bar{x}$: Mittelwert der Stichprobe

s : Standardabweichung der Stichprobe

Mit Hilfe der Tabelle (in: SACHS, 1984) läßt sich anhand des Wertes T prüfen, ob x_1 tatsächlich als Ausreißer¹⁾ anzusehen ist oder nicht.

2.4. Prüfung von Standardabweichungen auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe einer Regressionsgeraden

Viele statistische Prüfmethoden, so zum Beispiel der Vergleich von Mittelwerten, setzen zum einen die Normalverteilung der Daten in den Grundgesamtheiten voraus (aus welchen die Stichproben jeweils nur zufällige Ausschnitte darstellen) und zum anderen die Gleichheit der Varianzen in den Grundgesamtheiten.

Abweichend von den in statistischen Lehrbüchern angegebenen Verfahren zur Prüfung der Varianzgleichheit (z.B. Bartlett-Test, angewandt von PAULSEN et al., 1974) kommt in vorliegender Arbeit ein anderes Verfahren zur Anwendung (vgl. LORENZ und STRAUB, 1976).

Geprüft wird, ob die Standardabweichungen (Streuungen) bzw. die Varianzen in den Altersgruppen zeitabhängig sind oder nicht. Zu diesem Zweck wird die Standardabweichung (y) als

1) Bei diesen Ausreißertests wird der verdächtige Wert mitberechnet.

Funktion der Zeit (x) behandelt und durch deren Punkte-schwarm eine Regressionsgerade gelegt.

Die Steigung der berechneten Regressionsgeraden wird einem t-Test unterworfen, um nachzuprüfen, ob die Steigung (= Regressionskoeffizient) nur zufällig von Null verschieden ist oder ob eine 'echte' Steigung vorliegt. Ist die Steigung nicht signifikant von Null verschieden, so wird die Regressionsgerade als eine Parallele zur Zeitachse betrachtet und somit angenommen, daß die wahren Standardabweichungen in allen Altersgruppen denselben Wert besitzen; sie sind also altersunabhängig¹⁾. Sofern die Standardabweichungen der einzelnen Rassen unabhängig vom Alter sind, lassen sie sich zusammenfassen. Hieraus kann nun eine einzige, genauere "gepoolte Standardabweichung" berechnet werden, welche später für eine exaktere Festlegung der Toleranzgrenzen von Bedeutung sein wird.

Es gilt die Nullhypothese: $\sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma$

Der Vorteil dieses Verfahrens gegenüber dem oben erwähnten Bartlett-Test ist folgender:

Während beim Bartlett-Test lediglich eine Aussage über die Gleichheit oder Ungleichheit von Varianzen möglich ist, kann bei dem hier zur Anwendung kommenden Verfahren auch eine Aussage über die Zeitabhängigkeit der Varianzen gemacht werden. Zudem wird die Untersuchung auf eine Altersabhängigkeit auch auf die Standardabweichungen der absoluten Beobachtungswerte selbst ausgedehnt. Da die nichtlogarithmierten Werte aber keiner Normalverteilung folgen, kann der Bartlett-Test bei diesen Daten nicht durchgeführt werden. Allerdings darf bei einer Altersunabhängigkeit der Standardabweichungen streng genommen nicht auf die Homogenität derselben geschlossen werden; eine solche Folgerung wäre nur aufgrund eines entsprechenden Ergebnisses des Bartlett-

1) Sind die wahren Standardabweichungen aller Altersgruppen gleich, so wird dies auch für deren Varianzen vorausgesetzt.

Tests möglich. Für die hier vorliegenden Belange wird jedoch das weniger strenge Verfahren einer Prüfung bezüglich der Steigung der Regressionsgeraden der Standardabweichungen gegen Null angewandt. Im übrigen haben PAULSEN et al. (1974) für ihr umfangreiches Datenmaterial, das sie von Schwarzkopfschafen gewonnen hatten, die Gleichheit der Varianzen bzw. Standardabweichungen mittels des Bartlett-Tests nachweisen können.

2.4.1. Die Gleichung der Regressionsgeraden

(SACHS, 1984; LORENZ, 1984; RAMM und HOFMANN, 1982)

$$\hat{y}_i = bx_i + a$$

- b : Regressionskoeffizient = Steigung
a : Achsenabschnitt
 x_i : i-ter Zeitwert in Monaten = Altersgruppen
 y_i : beobachtete Standardabweichung zum i-ten
Zeitwert
k : Anzahl der Zeitwerte (Altersgruppen gemessen
in Monaten)

y_i ist die von x_i abhängige Variable.

Es ist:

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{k \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{k \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum y_i}{k} - b \frac{\sum x_i}{k}$$

2.4.2. Prüfung des Regressionskoeffizienten gegen Null (SACHS, 1984)

Hierbei handelt es sich um einen t-Test mit $FG = k - 2$ Freiheitsgraden, zweiseitiger Fragestellung und den vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha = 0.01$, $\alpha = 0.05$ und $\alpha = 0.10$.

Null- und Alternativhypothese lauten:

$$H_0: \beta = 0; \quad H_A: \beta \neq 0$$

β ist der wahre Regressionskoeffizient, für welches b ein Schätzwert ist.

H_0 wird abgelehnt, wenn die Testgröße t

$$t = \frac{|b|}{S_b} \geq t_{\alpha}(k-2, \alpha) \text{ ist}$$

k = Anzahl der Altersgruppen

α = vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit

$|b|$ = Betrag der Steigung der Regressionsgeraden

Der Wert t_{α} ($FG = k - 2$ und α) wird in einer Tabelle nachgeschlagen.

S_b ist die Standardabweichung des Regressionskoeffizienten und errechnet sich nach:

$$S_b = \frac{S_{y \cdot x}}{\sqrt{Q_x}}$$

$S_{y \cdot x}$ ist die Standardabweichung für die Abweichungen der beobachteten Werte y_i von den zugehörigen Regressionswerten $\hat{y}_i$, d.h. ein Maß für den Fehler, den man begeht, wenn $\hat{y}_i$ aus x_i geschätzt wird.

$$S_{y \cdot x} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{k-2}} = \sqrt{\frac{Q_{y \cdot x}}{k-2}} = \sqrt{\frac{Q_y - b Q_{xy}}{k-2}}$$

$$S_b = \sqrt{\frac{Q_{y-bQ_{xy}}}{(k-2)Q_x}}$$

Dabei ist:

$$Q_x = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{1}{k} (\sum x_i)^2$$

$$Q_y = \sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum y_i^2 - \frac{1}{k} (\sum y_i)^2$$

$$Q_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum xy - \frac{1}{k} \sum x_i \sum y_i$$

Die Prüfung des Regressionskoeffizienten erfolgt für die Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha = 0.01$, $\alpha = 0.05$ und $\alpha = 0.10$.

Wenn der Fehler erster Art - nämlich die Nullhypothese zu verwerfen, obwohl sie richtig ist - möglichst gering sein soll, wird die Irrtumswahrscheinlichkeit α klein gehalten (0.01).

Einen Fehler zweiter Art begehen, bedeutet, eine falsche Nullhypothese nicht abzulehnen, was in diesem Falle heißt, daß die Varianzen als gleich erachtet werden, obwohl sie es in Wirklichkeit nicht sind. Damit wäre eine wichtige Grundvoraussetzung für den Vergleich mehrerer Mittelwerte nicht gegeben.

Falls das Risiko eines β -Fehlers (eines Fehlers zweiter Art) möglichst klein sein soll, wird α recht groß gewählt (0.10), zumal dann, wenn die Größe von β nicht bekannt ist (was immer dann der Fall ist, wenn die Alternativhypothese die bloße Negation der Nullhypothese ist; LORENZ, 1984). Ein Testergebnis erfährt insbesondere dann eine Gewichtung, wenn Signifikanz bzw. Nichtsignifikanz für alle drei Irrtumswahrscheinlichkeiten ($\alpha = 0.01$, $\alpha = 0.05$ und $\alpha = 0.10$) erzielt wird.

2.5. Der Vergleich mehrerer Mittelwerte: die einfache Varianzanalyse¹⁾

Neben dem Vergleich zweier Stichprobenmittelwerte (z.B. t-Test) können auch mehrere Stichprobenmittelwerte verglichen werden.

Die Nullhypothese lautet dann: Die beobachteten Mittelwerte sind nur zufällig voneinander verschieden; sie entstammen mithin Grundgesamtheiten mit denselben (wahren) Mittelwerten. Die Alternativhypothese besagt, daß sich mindestens zwei der Stichprobenmittelwerte nicht nur zufällig unterscheiden.

Voraussetzungen für die Varianzanalyse sind:

- a) Jede Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit.
- b) Diese Grundgesamtheiten haben auch dieselben Varianzen.

Durchführung:

Es wird die Testgröße $\hat{F}$ berechnet und mit einem Tafelwert F der F -Verteilung mit den beiden Freiheitsgraden $v_1 = k-1$ und $v_2 = n-k$ verglichen. Ist $\hat{F} \geq F$, so wird angenommen, daß von den k Mittelwerten mindestens zwei Mittelwerte nicht nur zufällig voneinander verschieden sind; es wird H_0 also abgelehnt.

n : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Stichproben

Die Testgröße $\hat{F}$ wird nach SACHS (1984) wie folgt berechnet:

$$\hat{F} = \frac{\frac{1}{k-1} (B-K)}{\frac{1}{n-k} (A-B)}$$

1) Vgl. SACHS, 1984.

$$A = \sum_{i=1}^{i=k} \left(\sum_{j=1}^{j=n_i} x_{ij} \right)$$

: dies ist die Summe aller quadrierten Einzelbeobachtungen x_{ij} aller k Stichproben (n_i = Umfang der i -ten Stichprobe)

$$B = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{(\sum_{j=1}^{j=n_i} x_{ij})^2}{n_i}$$

: man quadriert $\sum x_{ij}$ (= Summe aller Einzelwerte x_{ij}) der ersten Stichprobengruppe und dividiert dann den Term durch die Zahl der Beobachtungen dieser Stichprobe. Auf solche Weise rechnet man für alle k Stichprobengruppen und addiert die Terme $\left(\frac{\sum x_{ij}}{n_i} \right)^2$ für alle k Stichprobengruppen.

$$K = \frac{\left[\sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=n_i} x_{ij} \right]^2}{n}$$

: zuerst werden alle $\sum x_{ij}$ der k Stichprobengruppen addiert. Diese Summe wird quadriert und dann durch die Gesamtzahl der Beobachtungen (n) aller k Stichprobengruppen dividiert.

$$\frac{B-K}{k-1}$$

: dieses mittlere Abweichungsquadrat (MAQ) beschreibt die Streuung der Gruppenmittelwerte um den Gesamtmittelwert ("MQ zwischen").

$$\frac{A-B}{n-k}$$

: MAQ der Einzelwerte um die Gruppenmittelwerte ("MQ innerhalb").

$$\text{"MQ innerhalb"} = s^2_{in}$$

: diese Größe wird bei den linearen Kontrasten nach SCHEFFE¹⁾ benötigt.

$$x_{ij} = \text{j-ter Einzelwert in der i-ten Stichprobe}$$

1) Vgl. SACHS, 1984.

Bisweilen liegen die Freiheitsgrade ν_1 und ν_2 zwischen den tabellierten Werten, so daß eine eindeutige Zuordnung auf Zehntel und Hundertstel genau nicht möglich ist.

F wird aus arbeitssparenden Gründen nicht immer harmonisch interpoliert (Beispiel in SACHS, 1984), wenn F eindeutig größer bzw. kleiner als $\hat{F}$ ist. In kritischen Fällen, in denen Zehntel oder Hundertstel entscheiden können, wird F harmonisch interpoliert.

Beispiel: Es sei $\hat{F} = 1.639$ bei $\nu_1 = 5$ und $\nu_2 = 36$.

In den Tabellen ist jedoch nur $F = 2,53$ für

$\nu_2 = 30$ und $F = 2.45$ für $\nu_2 = 40$ angegeben.

Da $\hat{F} = 1.639$ beträgt, ist klar, daß die Prüfgröße $\hat{F}$ trotz harmonischer Interpolation kleiner als die tabellierte Größe F ist. In einem solchen Falle wird natürlich auf das harmonische Interpolieren verzichtet. F hat dann in Näherung den Wert 2.45.

2.6. Lineare Kontraste nach SCHEFFE¹⁾

Der Scheffé-Test gibt Auskunft, welcher Mittelwert aus einer Gruppe von k Mittelwerten einer anderen Grundgesamtheit entstammt, nachdem durch die Varianzanalyse signifikante Unterschiede der Mittelwerte festgestellt worden sind.

Beispiel: Es liegen $k = 5$ Mittelwerte vor, die unter anderem so verglichen werden können:

1) Vgl. SACHS, 1984.

$$\begin{aligned} v_1: \mu_A = \mu_1 = \mu_2 & \quad \text{mit } \mu_B = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \\ \mu_A = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) & \quad \text{mit } \mu_B = \frac{1}{3}(\mu_3 + \mu_4 + \mu_5) \\ v_2: \mu_A = \mu_1 & \quad \text{mit } \mu_B = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \\ \mu_A = \mu_1 & \quad \text{mit } \mu_B = \frac{1}{4}(\mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5) \end{aligned}$$

Lineare Kontraste (L) sind lineare Funktionen der k Mittelwerte μ_i , welche durch k bekannte Konstanten c_i festgelegt sind.

In allgemeiner Form lautet ein linearer Kontrast für $k = 5$:

$$L = c_1\mu_1 + c_2\mu_2 + \dots + c_5\mu_5 = \sum_{i=1}^{i=5} c_i\mu_i$$

Die Konstanten unterliegen folgender Bedingung:

$$\sum_{i=1}^{i=k} c_i = 0$$

Für die Vergleiche v_1 und v_2 lauten die linearen Kontraste demnach:

$$v_1: L = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) - \frac{1}{3}(\mu_3 + \mu_4 + \mu_5) = \mu_A - \mu_B,$$

wobei die Konstanten lauten:

$$c_1 = c_2 = \frac{1}{2}; \quad c_3 = c_4 = c_5 = -\frac{1}{3} \quad \text{und}$$

$$\sum_{i=1}^{i=k} c_i = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0$$

$$v_2: L = \mu_1 - \frac{1}{4}(\mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5) = \mu_A - \mu_B,$$

die Konstanten sind:

$$c_1 = 1; \quad c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = -\frac{1}{4} \quad \text{und}$$

$$\sum_{i=1}^{i=k} c_i = 1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} = 0$$

$$\text{Wenn } \hat{S} = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{s_{\bar{x}_A - \bar{x}_B}} > \sqrt{(k-1) \cdot F(k-1, n-k, \alpha)} = S$$

$$\text{mit } s_{\bar{x}_A - \bar{x}_B} = \sqrt{s_{in}^2 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{c_i^2}{n_i}}, \text{ dann unterscheiden sich die}$$

den Kontrasten zugrundeliegenden Mittelwerte.

Es gilt:

$\bar{x}_A, \bar{x}_B$ sind Schätzungen der wahren Mittelwerte μ_A bzw. μ_B .

F : Tafelwert der F-Verteilung mit den Freiheitsgraden $v_1 = k-1$ und $v_2 = n-k$ und der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit α .

k : Anzahl der Mittelwerte $i=k$
 n : Gesamtstichprobenumfang; $n = \sum_{i=1} n_i$

$$s_{in}^2 = \text{"MQ innerhalb"} = \frac{A-B}{n-k}$$

n_i : der zum Mittelwert μ_i gehörende Stichprobenumfang

$\sum_{i=1}^{i=k} \frac{c_i^2}{n_i}$: die zu einem jeden Mittelwert μ_i gehörende Konstante c_i wird quadriert und dann durch den zu μ_i gehörenden Stichprobenumfang n_i dividiert. Dieser Term $\frac{c_i^2}{n_i}$ wird entsprechend der Anzahl der k Mittelwerte gebildet und dann aufsummiert.

2.6.1. Paarweiser Vergleich von Mittelwerten

Werden nur zwei von $k = 5$ Mittelwerten miteinander verglichen, z.B. $\mu_3 (= \mu_A)$ und $\mu_5 (= \mu_B)$, so ist $c_3 = +1$ und $c_5 = -1$ und $c_1 = c_2 = c_4 = 0$.

Somit lautet S allgemein:

$$\hat{S} = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{s^2_{in} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} > \sqrt{(k-1)F(k-1, n-k, \alpha)} = S, \text{ wobei:}$$

n_A : der zu $\bar{x}_A$ gehörende Stichprobenumfang

n_B : der zu $\bar{x}_B$ gehörende Stichprobenumfang

$\bar{x}_A$ und $\bar{x}_B$ sind die Schätzungen der zwei zu vergleichenden wahren Mittelwerte μ_A und μ_B .

s^2_{in} : "MQ innerhalb"; diese Größe wird von allen k Mittelwerten berechnet.

2.7. Regression erster Art mit gruppierten Daten¹⁾

Für jeden Wert der unabhängigen Variablen x_i (Zeitpunkt) liegen mehrere Beobachtungswerte y_{ij} (logarithmierte Blutwerte) als abhängige Variablen vor.²⁾ Es wird angenommen, daß jede Gruppe von y -Werten aus einer Grundgesamtheit mit normalverteilten Daten entstammt. Die Werte der abhängigen Variablen sind um die Regressionsgerade normalverteilt und besitzen in jeder Altersgruppe dieselbe Standardabweichung σ .

Es gilt: x_i : Zeitpunkt bzw. Altersgruppen(mittel-)wert³⁾
in Monaten

y_{ij} : j -ter Beobachtungswert (log. Blutwert) zum
 i -ten Zeitpunkt

-
- 1) LORENZ, Tübingen 1985, Schriftl. Mitteilung an den Verfasser.
 - 2) Die Stichprobenumfänge n_i der verschiedenen Altersgruppen müssen nicht gleich groß sein.
 - 3) Bei den Dreimonatsintervallen (z.B. 7.-9. Monat) wird der Mittelwert dieser Altersgruppe (8. Monat) als unabhängige Variable angesehen.

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} \quad : \text{Summe aller } j \text{ Beobachtungspunkte}$$

zum i-ten Zeitpunkt

$$y_{..} = \sum_{i=1}^{i=k} y_{i.} \quad : \text{Aufsummierung von } y_{i.} \text{ über alle}$$

k Altersgruppen, womit man die Gesamtsumme aller Beobachtungswerte (y_{ij}) erhält.

$$\bar{y} = \frac{y_{..}}{n} \quad : \text{der Gesamtmittelwert der } n \text{ Einzel-}$$

beobachtungen y_{ij}

$$\bar{y}_i = \frac{y_{i.}}{n_i} \quad : \text{Mittelwert der Einzelwerte zum}$$

i-ten Zeitpunkt

Gleichung der geschätzten Geraden: $\hat{y} = a + bx$

$$a) \quad b = \frac{SP_{xy}}{SQ_x} \quad : \text{geschätzte Steigung der Regressionsgeraden}$$

$$a.1.) \quad SP_{xy} = \sum_{i=1}^{i=k} n_i (x_i - \bar{x})(\bar{y}_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^{i=k} x_i y_{i.} - \frac{(y_{..})(\sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i)}{n} ,$$

wobei $\sum_{i=1}^{i=k} x_i y_{i.}$: für jede Altersgruppe wird das Produkt aus Altersgruppen(mittel-)wert und den aufsummierten Einzelwerten y_{ij} dieser Altersgruppe gebildet. Diese Produkte werden dann über alle k Altersgruppen aufsummiert.

$\sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i$: für jede Altersgruppe wird das Produkt aus Stichprobenumfang (n_i) und Altersgruppen(mittel-)wert (x_i) gebildet und die Produkte sodann über alle Altersgruppen aufsummiert.

$$y_{..} = \sum_{i=1}^{i=k} y_{i.} = \sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=n_i} y_{ij} \quad , \text{ wobei}$$

$n = \sum_{i=1}^{i=k} n_i$: Gesamtanzahl der Beobachtungswerte y_{ij}

$$\text{a.2.) } SQx = \sum_{i=1}^{i=k} n_i (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i)^2}{n}, \text{ wobei}$$

$\sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i^2$: für jede Altersgruppe wird das Produkt aus Stichprobenumfang n_i und dem Quadrat des Altersgruppen(mittel-)wertes x_i^2 gebildet und dann über alle Altersgruppen aufsummiert

b) $a = \bar{y} - b\bar{x}$: geschätzter Achsenabschnitt der Regressionsgeraden

b.1.) $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i$: der Altersgruppengesamtmittelwert, welcher von den Stichprobenumfängen n_i und der Gesamtzahl n aller Beobachtungen beeinflusst wird.

2.8. Prüfung der Linearität einer Regression¹⁾

Die Prüfung der Nullhypothese, die besagt, es liege eine lineare Regression vor, ist dann möglich, wenn die Anzahl n der y -Werte die Anzahl k der x -Werte übersteigt. Dann müssen die Gruppenmittelwerte $\bar{y}_i$ angenähert auf einer Geraden liegen; ihre Abweichung von der Regressionsgeraden darf somit im Verhältnis zur Abweichung der Einzelwerte einer Gruppe von ihrem zugehörigen Mittelwert (SACHS, 1984) nicht zu groß sein.

Ist $\hat{F} = \frac{S^2}{S^2}$ gleich oder größer dem tabellierten F -Wert mit den Freiheitsgraden $v_1 = k-2$ und $v_2 = n-k$ bei vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit α , so muß die Linearitätshypothese abgelehnt werden.

1) LORENZ, Tübingen 1985, Schriftliche Mitteilung an den Verfasser.

$\hat{F}$ repräsentiert das Verhältnis der Abweichung der Mittelwerte von der Regressionsgeraden zur Abweichung der y-Werte von ihrem Gruppenmittelwert.

$$a) \quad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} n_i (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{k-2} = \frac{1}{k-2} \left[SQy - \frac{(SPxy)^2}{SQx} \right] \quad , \text{ wobei}$$

S^2 : Varianz der Mittelwerte $\bar{y}_i$ um die Regressionsgerade

$\bar{y}_i$: Mittelwert am i-ten Beobachtungszeitpunkt

$\hat{y}_i$: durch die Regressionsgerade geschätzter y-Wert am i-ten Beobachtungszeitpunkt

k : Anzahl der Beobachtungszeitpunkte (Altersgruppen)

$$a.1) \quad SQy = \sum_{i=1}^{i=k} n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{y_i^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{n} \quad , \text{ wobei}$$

$$\sum_{i=1}^{i=k} \frac{y_i^2}{n_i} = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{(\sum_{j=1}^{j=n_i} y_{ij})^2}{n_i} \quad , \text{ und}$$

$$\frac{y_{..}^2}{n} = \frac{(\sum_{i=1}^{i=k} y_i.)^2}{n} = \frac{(\sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij})^2}{n} \quad \text{ist.}$$

$$a.2.) \quad SPxy = \sum n_i (x_i - \bar{x})(\bar{y}_i - \bar{y}) = \sum x_i y_i - \frac{(y_{..})(\sum n_i x_i)}{n}$$

(Der Ausdruck SPxy ist in 2.7. erklärt.)

$$SQx = \sum n_i (x_i - \bar{x})^2 = \sum n_i x_i^2 - \frac{(\sum n_i x_i)^2}{n}$$

(Der Ausdruck SQx ist in 2.7. erklärt.)

$$b) \quad s^2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 = \frac{1}{n-k} \left[\sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=n_i} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{i=k} \frac{y_i^2}{n_i} \right]$$

s^2 : Varianz der Einzelwerte y_{ij} um ihre jeweiligen Mittelwerte $\bar{y}_i$

Die gewählte Irrtumswahrscheinlichkeit α beträgt

$\alpha = 0.01$, $\alpha = 0.05$ oder $\alpha = 0.10$.

2.9. Der Vergleich mehrerer Regressionsgeraden¹⁾

Es liegen verschiedene empirisch gewonnene Regressionsgeraden vor, denen die jeweiligen Beobachtungswerte y_{ijl} zugeordnet werden können. Für alle diese Einzelbeobachtungen y_{ijl} kann eine einzige (theoretische) Regressionsgerade (T) berechnet werden, wobei die empirischen Einzelregressionsgeraden als zufällige Abweichungen der einen Gesamtregressionsgeraden (T) aufgefaßt werden können.

Übersteigt die Prüfgröße $\hat{F}$ die tabellarische Größe F, so unterscheiden sich die empirischen Regressionsgeraden hinsichtlich ihrer Lage voneinander (F-Test).

Für das lineare Regressionsmodell bedeutet dies, daß die Regressionsgeraden der Mittelwerte der log. Beobachtungswerte hinsichtlich möglicher Rassen- und Geschlechtsunterschiede miteinander verglichen werden können; gleichzeitig bleibt der Aspekt der Altersabhängigkeit nicht unberücksichtigt.

Für den Vergleich von k Regressionsgeraden ist eine dreifache Indizierung notwendig.

Es ist x_{ij} : j-ter Zeitpunkt bei der i-ten Regression
 $i=2,3, \dots k$ (Anzahl der Regressionen)
 $j=1,2 \dots t_i$ (Anzahl der Zeitpunkte der i-ten
 Regression; verschiedene Regressionen können über eine unterschiedliche Zahl von Zeitpunkten verfügen).

y_{ijl} : l-ter Beobachtungswert am j-ten Zeitpunkt der i-ten Regression.

1) Vgl. SACHS, 1982, modifiziert für die Regression erster Art mit gruppierten Daten mit z.T. neuen Notationen von LORENZ, 1986.

$\ell=1,2, \dots n_{ij}$ (Anzahl der y-Werte, welche von Zeitpunkt zu Zeitpunkt sowie von Regression zu Regression variiert.)

n_{ij} : Anzahl der y-Werte am j-ten Zeitpunkt bei der i-ten Regression

$n_{i.} = \sum_{j=1}^t n_{ij}$: Gesamtanzahl der y-Werte bei der i-ten Regression

$n_{..} = \sum_{i=1}^k n_{i.} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{t_i} n_{ij}$: Gesamtanzahl der y-Werte bei allen k Regressionen

$\bar{y}_i = \frac{y_{i..}}{n_{i.}}$: Gesamtmittelwert der i-ten Regression

$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} y_{ij\ell}$: mittlerer y-Wert am j-ten Zeitpunkt bei der i-ten Regression

$\bar{x}_i = \frac{1}{n_{i.}} \sum_{j=1}^{t_i} n_{ij} x_{ij}$: mittlerer x-Wert bei der i-ten Regression

Formel der Prüfgröße $\hat{F}$: $\hat{F} = \frac{\frac{1}{2k-2} \left[Q_{y.x;T} - \sum_{i=1}^k Q_{y.x;i} \right]}{\frac{1}{n_{..}-2k} \sum_{i=1}^k Q_{y.x;i}}$

$$a) \quad Q_{y.x;i} = Q_{y_i} - \frac{Q_{x y_i}^2}{Q_{x;i}}$$

$$a.1) \quad Q_{y_i} = \sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} (y_{ij\ell} - \bar{y}_i)^2 = \sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} y_{ij\ell}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} y_{ij\ell})^2}{n_{i.}}$$

$$a.2) \quad Q_{x y_i} = \sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} (x_{ij} - \bar{x}_i)(y_{ij\ell} - \bar{y}_i)$$

$$= \sum_{j=1}^{t_i} n_{ij} x_{ij} \bar{y}_{ij} - \frac{(\sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} y_{ij\ell})(\sum_{j=1}^{t_i} n_{ij} x_{ij})}{n_{i.}}$$

$$a.3) \quad Q_{x;i} = \sum_{j=1}^{j=t_i} n_{ij} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 = \sum_{j=1}^{j=t_i} n_{ij} x_{ij}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^{j=t_i} n_{ij} x_{ij})^2}{n_i}.$$

Nachdem für jede Regression das $Q_{y,x;i}$ gebildet worden ist, werden diese summiert und es entsteht $\sum_{i=1}^{i=k} Q_{y,x;i}$.

b) $Q_{y,x;T}$ errechnet sich wie folgt:

$$Q_{y,x;T} = Q_{y;T} - \frac{Q_{xy;T}^2}{Q_{x;T}}, \text{ wobei}$$

$$b.1.) \quad Q_{x;T} = \sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=t_i} n_{ij} x_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=t_i} n_{ij} x_{ij})^2}{n..},$$

$$b.2.) \quad Q_{y;T} = \sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=t_i} \sum_{\ell=1}^{\ell=n_{ij}} y_{ij\ell}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} y_{ij\ell})^2}{n..},$$

$$b.3.) \quad Q_{xy;T} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{t_i} n_{ij} x_{ij} \bar{y}_{ij} - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{t_i} \sum_{\ell=1}^{n_{ij}} y_{ij\ell})(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{t_i} n_{ij} x_{ij})}{n..} \text{ ist.}$$

2.10. Der Vergleich von k Regressionsgeraden für nichtgruppierte Daten¹⁾

Sollen beispielsweise die Mittelwerte mehrerer verschiedener Rassen zu einem bestimmten Zeitpunkt auf Gleichheit hin untersucht werden, so müssen die Varianzen gleich sein. Eine Möglichkeit, dies zu überprüfen, besteht in dem Vergleich der Regressionsgeraden für die Standardabweichungen der verschiedenen Rassen (s. Kap. III.2.4.).

1) Sachs, 1982.

Ergibt der Regressionsvergleich keine Signifikanz ($\hat{F} < F$), so spricht nichts gegen die Varianzgleichheit bei den verschiedenen Rassen. Im folgenden steht daher y_{ij} für die Standardabweichung zum Zeitpunkt j bei der i -ten Regression und x_{ij} für die j -te Altersgruppe der i -ten Regression.

- F : tabellierte Prüfgröße mit den Freiheitsgraden
 v_1 : $2k-2$ und
 v_2 : $n..-2k$, mit einer bestimmten Irrtumswahrscheinlichkeit α .

Die Kenngrößen einer Regressionsgeraden sind:

- k : Anzahl der Regressionsgeraden
 n_i : Anzahl der Beobachtungspunkte einer Regressionsgeraden, $n.. = \sum_{i=1}^k n_i$
 $n..$: Gesamtanzahl der Beobachtungswerte (Standardabweichung) aller k Einzelregressionen

$\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$: Summe der Altersgruppen

$\sum_j^i y_{ij}$: Summe der Standardabweichungen

$\sum_j^i x_{ij}^2$: Summe der quadrierten Altersgruppen

$\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2$: Summe der quadrierten Standardabweichungen

Auch dieser Regressionsvergleich erfolgt mit einem F-Test:

$$\hat{F} = \frac{\frac{1}{2k-2} \left[Q_{y.x;T} - \sum_{i=1}^k Q_{y.x;i} \right]}{\frac{1}{n..-2k} \sum_{i=1}^k Q_{y.x;i}}$$

Es ist:

$$a) \quad Q_{y.x;i} = Q_{y;i} - \frac{Q_{xy;i}^2}{Q_{x;i}}, \quad \text{wobei}$$

$$Q_{x;i} = \sum_j^n x_{ij}^2 - \frac{1}{n_i} (\sum x_{ij})^2$$

$$Q_{y;i} = \sum_j^n y_{ij}^2 - \frac{1}{n_i} (\sum y_{ij})^2$$

$$Q_{xy;i} = \sum_j^n x_{ij} y_{ij} - \frac{1}{n_i} (\sum x_{ij})(\sum y_{ij})$$

Die Aufsummierung von $Q_{y.x;i}$ der Einzelregressionen über alle zu vergleichenden k Regressionen ergibt:

$$\sum_i^k Q_{y.x;i}$$

b) Für die Berechnung der Gesamtregressionen kommen folgende Größen zum Einsatz¹⁾:

$$Q_{y.x;T} = Q_{y;T} - \frac{Q_{xy;T}^2}{Q_{x;T}}, \quad \text{wobei:}$$

$$Q_{x;T} = \sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=n_i} x_{ij}^2 - \frac{1}{n..} \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2$$

$$Q_{y;T} = \sum_i^k \sum_j^n y_{ij}^2 - \frac{1}{n..} \left(\sum_i \sum_j^n y_{ij} \right)^2$$

$$Q_{xy;T} = \sum_i^k \sum_j^n x_{ij} y_{ij} - \frac{1}{n..} \left(\sum_i \sum_j^n x_{ij} \sum_j^n y_{ij} \right)$$

1) Bei den genannten Regressionsvergleichen existiert im Gegensatz zu den Regressionsvergleichen mit gruppierten Daten zu jeder Altersgruppe x_{ij} ein Beobachtungswert y_{ji} (=Standardabweichung).

2.11. Prüfung des Regressionskoeffizienten gegen Null bei einer Regression erster Art mit gruppierten Daten

Es wird das Problem, ob die Mittelwerte der einzelnen Blutfraktionen altersabhängig sind oder nicht, dadurch gelöst, daß die Steigung b der entsprechenden Regressionsgeraden gegen Null geprüft wird. Dazu bedient man sich eines t -Tests mit zweiseitiger Fragestellung; dies bedeutet, daß die Vorzeichen der Steigung (Regressionskoeffizient) nicht berücksichtigt werden. Ist die Steigung von Null nicht nur zufällig verschieden, liegt eine echte Steigung vor; es gilt die Alternativhypothese mit $H_A: \beta_{yx} \neq 0$. Die Nullhypothese ($H_0: \beta_{yx} = 0$) wird abgelehnt für $t = |b_{yx}|/s_{b_{yx}} \geq t_{n-2}; \alpha$; zweiseitig (SACHS, 1984).

Dieser Test wurde von LORENZ¹⁾ für gruppierte Daten modifiziert:

Der Testquotient t errechnet sich als Quotient aus dem Betrag der Steigung b der Regressionsgeraden und dem Standardfehler der Steigung s_b :

$$t = \frac{|b|}{s_b}, \text{ wobei}$$

$|b|$: Betrag der Steigung der Regressionsgeraden
als Schätzwert der wahren Steigung β

$s_b = \sqrt{\frac{\sigma^2}{SQ_x}}$: darin bedeuten σ^2 die unbekannte Varianz der Grundgesamtheit, als deren Schätzung die Varianz der Stichproben herangezogen wird:

1) LORENZ, Tübingen 1985, Schriftliche Mitteilung an den Verfasser.

$$S^2 = \frac{SQ_{\text{Reg}}}{k-2} = \frac{1}{k-2} \left[SQ_y - \frac{(SP_{xy})^2}{SQ_x} \right]$$

(Vorangestellte Formel wurde schon in Kapitel 2.8. erklärt.)

$$SQ_x = \sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{i=k} n_i x_i)^2}{n}, \text{ wobei}$$

n_i : Anzahl der Beobachtungen n_i der i -ten Altersgruppe

k : Anzahl der Altersgruppen

(Die Erklärung dieser Formel findet sich in Kap. 2.7.)

Die Freiheitsgrade (FG) berechnen sich wie folgt:

FG = $n-2$, wobei n die Anzahl der Beobachtungspunkte einer Regression ist.

(Der kritische Wert t wird in einer Tabelle (SACHS, 1984) nachgeschlagen.)

2.12. Der Vergleich zweier unabhängiger Stichproben

Wenn sich die Mittelwerte zweier Stichproben unterscheiden, so haben entweder die Grundgesamtheiten, denen diese Proben entstammen, verschiedene Mittelwerte oder aber die Mittelwerte sind im statistischen Sinne gleich, d.h. die beiden Stichproben entstammen derselben Grundgesamtheit. Diese Problemstellung kann mit Hilfe des t -Tests gelöst werden, wobei jedoch folgende Bedingungen bei seiner Durchführung beachtet werden müssen:

- a) die Daten der Grundgesamtheit sind angenähert normalverteilt,
- b) die Verteilungen haben in beiden Grundgesamtheiten

dieselbe Standardabweichung.

Während die Richtigkeit der ersten Bedingung schon nachgewiesen worden ist, steht dies bei der zweiten noch aus. Sie wird mittels des Varianzquotienten-Tests oder F-Tests überprüft.

2.12.1. Der F-Test (LORENZ, 1984)

Die Nullhypothese besagt, daß die beiden Grundgesamtheiten dieselbe Standardabweichung haben müssen ($\sigma_1 = \sigma_2$). Da jedoch diese wahren Standardabweichungen nicht bekannt sind, dienen als Schätzwerte die Standardabweichungen der Stichproben selbst ($S_1 = S_2$). Die Alternativhypothese ist die Negation der Nullhypothese ($\sigma_1 \neq \sigma_2$).

Als Prüfgröße dient der Quotient $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$, wobei im Zähler stets die größere der beiden Stichprobenvarianzen steht. Übersteigt der Wert F den kritischen Tabellenwert F nicht, so wird die Nullhypothese nicht abgelehnt. Der Wert F kann für die Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0.05$ und den Freiheitsgraden $v_1 = n_1 - 1$ und $v_2 = n_2 - 1$ den Tabellen (z.B. in LORENZ, 1984) entnommen werden.

2.12.2. Der T-Test (LORENZ, 1984)

Die Stichprobenglieder werden wie folgt bezeichnet:

Erste Stichprobe: $x_1, x_2, x_3, \dots, n_x$

Zweite Stichprobe: $y_1, y_2, y_3, \dots, n_y$

Die Prüfgröße t berechnet sich nach:

$$\hat{t} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S} \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y}{n_x + n_y}}$$

wobei: $\bar{x}$: Mittelwert der ersten Probe,
 $\bar{y}$: Mittelwert der zweiten Probe,
 n_x : Umfang der ersten Probe,
 n_y : Umfang der zweiten Probe ist und

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}{n_x + n_y - 2}}$$

S ist der aus beiden Stichproben ermittelte Schätzwert für die unbekannte wahre Standardabweichung σ . Im Zähler stehen die Abweichungsquadrate der jeweiligen Stichprobenglieder, im Nenner die Anzahl der Freiheitsgrade.

Die Nullhypothese, welche besagt, daß die wahren Mittelwerte in den Grundgesamtheiten gleich sind, wird nicht verworfen, wenn die Testgröße t eine tabellarische Größe t nicht überschreitet.

Diese kritische Größe ist für ein gegebenes α und dem entsprechenden Freiheitsgrad jedem Lehrbuch zu entnehmen.

2.12.3. Der Welch-Test (LORENZ, 1984)

Sind die Standardabweichungen der Grundgesamtheiten, denen die beiden zu untersuchenden Proben entstammen, nicht gleich, so muß statt des t -Testes der Welch-Test durchgeführt werden.

Die Formel für die Prüfgröße lautet:

$$t' = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}}}, \text{ wobei:}$$

$\bar{x}$ und $\bar{y}$ die beiden arithmetischen Mittel, S_x und S_y die jeweiligen Standardabweichungen und n_x bzw. n_y die Umfänge

der beiden Stichproben sind.

Die Freiheitsgrade (v) errechnen sich beim Welch-Test nach einer eigenen Formel:

$$v = \frac{1}{\frac{\frac{c^2}{n_x - 1}}{+} + \frac{(1-c)^2}{\frac{n_y - 1}}{}}$$

Für c gilt:

$$c = \frac{\frac{S_x^2}{n_x}}{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}} \quad ; \text{ die Größen dieser Formel sind bekannt.}$$

Da v meist keine ganze Zahl ist, muß es auf die nächstkleinere Zahl v' abgerundet werden. Der kritische Wert t kann dann mit Hilfe von v' für eine entsprechende Irrtumswahrscheinlichkeit α einer Tabelle (z.B. in LORENZ, 1984) entnommen werden.

2.13. Bestimmung von Normgrenzen für weiße Blutkörperchen bei gesunden Tieren am Beispiel der Lymphozyten

Die Eignung der weißen Blutkörperchen, insbesondere die Eignung der Lymphozyten, als ein diagnostisches Merkmal beruht auf der Möglichkeit, die verschiedenen Ausprägungen dieses Merkmals in zwei Klassen einzuteilen: in "normale" und "abnormale" (oder "unauffällige" und "auffällige") Lymphozytenwerte. Grundlage dieser Klassifikation ist die Kenntnis des Wertebereichs bzw. der Verteilungsform der Merkmalsausprägungen bei einer repräsentativen Referenzmenge von bekannten Individuen, von denen bekannt ist, daß sie gesund sind. Die Zuordnung eines neuen Individuums mit unbekanntem Gesundheitsstatus geschieht dann wie folgt:

Liegt sein Lymphozytenwert innerhalb der Normgrenzen der Referenzmenge, so wird er selbst als "normal" (oder "unauffällig") klassifiziert, andernfalls als "abnormal" (oder "auffällig"). Diese Vorgehensweise zielt darauf, kranke Individuen mit großer Sicherheit zu identifizieren. Dabei handelt es sich natürlich um solche Krankheiten, die in der Regel mit einer deutlich erhöhten oder verminderten Lymphozytenzahl einhergehen.

Die Zuordnung wäre hundertprozentig zuverlässig, wenn die Lymphozytenwerte bei "kranken" Individuen vollständig getrennt von jenen bei "gesunden" Individuen liegen würden. In Wirklichkeit überlappen sich aber die Wertbereiche mehr oder weniger stark. Es kommt vor, daß bei einem "gesunden" Individuum aus Gründen, die mit der zur Diagnose stehenden Krankheit nichts zu tun haben, zeitweilig eine extrem hohe bzw. niedrige (d.h. eine "auffällige") Lymphozytenzahl festgestellt wird. Ein solches Individuum wird irrtümlich als "krank" diagnostiziert. Umgekehrt kommt es vor, daß bei einem kranken Individuum eine Lymphozytenzahl gemessen wird, wie sie für "gesunde" Individuen typisch ist. Ein solches Individuum wird irrtümlich als "gesund" diagnostiziert. Man spricht im ersten Fall auch von einer "falsch-positiven", im zweiten von einer "falsch-negativen" Diagnose.

Damit stellt sich das Problem der zweckmäßigen Abgrenzung des Normbereichs für gesunde Individuen. Ein sehr breiter Normbereich bewirkt, daß die Lymphozytenwerte "gesunder Individuen" mit großer Wahrscheinlichkeit als "unauffällig" klassifiziert werden und somit zu einer zutreffenden Diagnose führen. Andererseits wird womöglich ein erheblicher Anteil von kranken Individuen irrtümlich als "gesund" diagnostiziert. Hingegen bewirkt ein eng gewählter Normbereich, daß zwar kranke Tiere meistens als solche erkannt werden, jedoch um den Preis eines relativ hohen Anteils falsch-positiver Diagnosen.

Wie groß das Risiko einer Fehldiagnose tatsächlich ist, kann nur für die falsch-positiven Diagnosen bestimmt werden, nicht jedoch für die falsch-negativen. Der Grund ist, daß die Verteilungsform der Lymphozytenwerte bei gesunden Tieren bekannt ist, nicht jedoch diejenige bei kranken Tieren. Hingegen ist bekannt, daß sich die beiden Risiken jedenfalls reziprok verhalten: Je größer das Risiko einer falsch-positiven Diagnose, desto kleiner ist das Risiko einer falsch-negativen Diagnose - und umgekehrt.

Durch die Wahl der Normbereichsgrenzen läßt sich damit das Risiko falsch-positiver Diagnosen genau, das Risiko falsch-negativer Diagnosen zumindest tendenziell steuern. Prinzipiell können die Normbereichsgrenzen nach Belieben festgelegt werden. Man wird sich jedoch zweckmäßigerweise den geschilderten Sachverhalt zunutze machen und die Grenzen so wählen, daß dasjenige der beiden Risiken, dessen praktische Folgen die schwererwiegenden sind, möglichst klein wird. Je nach Situation und Fragestellung kann daher die Wahl ganz unterschiedlich ausfallen.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß die in der Literatur anzutreffenden Beurteilungsschlüssel für die hämatologische Diagnose der Rinderleukose z.T. starke Abweichungen aufweisen (s. Tab. A.12). Diese sogenannten Leukoseschlüssel befassen sich nur mit auffällig erhöhten Lymphozytenwerten, während extrem niedrige Werte unbeachtet bleiben und dem Normbereich zugerechnet werden.

In der vorliegenden Arbeit wird beispielsweise der Normbereich für die Lymphozytenzahl bei der vorgegebenen Referenzmenge "gesunder" Schafe auf der Grundlage folgender Annahmen bestimmt, welche durch die zuvor beschriebenen Untersuchungen¹⁾ als gültig angesehen werden dürfen:

1) s. Kap. III.2.2. und Kap. III.2.4.

1. Die Lymphozytenwerte von Schafen (einer Rasse) derselben Altersgruppe zeigen eine Zufallsvariation, die durch eine logarithmische Normalverteilung beschreibbar ist.
2. Bei verschiedenen Altersgruppen werden in der Regel Normalverteilungen unterschiedlicher Lage, aber mit gleichen Varianzen festgestellt. Die logarithmische Transformation der Lymphozytenwerte bewirkt also nicht nur, daß bei jeder Altersgruppe eine Normalverteilung entsteht, sondern auch daß die Streuungsmaße dieser Verteilungen altersunabhängig sind.

Beide Annahmen haben große Vorteile bei der Bestimmung der Normbereichsgrenzen zur Folge. Liegt eine Stichprobe aus einer normalverteilten Grundgesamtheit vor, so kann der Normbereich im Prinzip dadurch festgelegt werden, daß um den Stichprobenmittelwert herum ein symmetrisches Intervall bestimmt wird, dessen Länge ein bestimmtes Vielfaches der Stichprobenstandardabweichung ist. Die Toleranzfaktoren hängen vom Stichprobenumfang und von der gewählten Ausschlußwahrscheinlichkeit ab (vgl. SACHS, 1984).

Damit läßt sich für jede Altersgruppe ein individueller Toleranzbereich bestimmen. Da aber nicht nur die Stichprobenmittelwerte $\bar{z}_i$ der logarithmierten Lymphozytenzahlen Zufallsschwankungen unterworfen sind, sondern auch deren Stichprobenstandardabweichungen s_i , ist die Bestimmung der Toleranzgrenzen für jede einzelne Altersgruppe mit einem beträchtlichen Stichprobenfehler behaftet. Dieser läßt sich erheblich verringern, wenn man die Tatsache der Altersunabhängigkeit von s_i berücksichtigt.

Die Standardabweichung s_i ist ein Schätzwert der wahren Standardabweichung σ_i jener Grundgesamtheit einer i -ten Altersgruppe, aus der man sich die Stichprobe entnommen denken kann. Da die Schätzwerte s_i unabhängig vom Alter

sind, gilt dies auch für die wahren Standardabweichungen:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \dots = \sigma$$

Somit besitzen die Grundgesamtheiten aller Altersgruppen einer Rasse denselben Wert σ und als Schätzwert denselben Wert s . Infolge dieser Altersunabhängigkeit dürfen die Schätzwerte s_i zu einer sogenannten "gepoolten Standardabweichung" zusammengefaßt werden (s. STRAUB, LORENZ et al. 1978):

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} (z_{ij} - \bar{z}_1)^2 + \sum_{i=1}^{i=k} (z_{ij} - \bar{z}_2)^2 + \dots + \sum_{i=1}^{i=k} (z_{ij} - \bar{z}_i)^2}{n-k}$$

$$s = \sqrt{s^2}$$

Es ist: n : Gesamtstichprobenumfang aller k Altersgruppen einer Blutfraktion,

k : Anzahl der i Altersgruppen

$z_{ij} = \log x_{ij}$: der logarithmierte Beobachtungswert des j -ten Schafes in der i -ten Altersgruppe,

$\bar{z}_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{i=1}^{i=k} z_{ij}$: Mittelwert der i -ten Altersgruppe mit dem Stichprobenumfang n_i ,

$\sum_{i=1}^{i=k} (z_{ij} - \bar{z}_i)^2$: Summe des Abweichungsquadrates der j Einzelwerte vom Mittelwert $\bar{z}_i$ der i -ten Altersgruppe.

Die verbesserten Schätzwerte der Toleranzgrenze für die i -te Altersgruppe lauten dann:

$$\log T_i(\alpha) = \bar{z}_i \pm c_\alpha \cdot s$$

Hierbei bedeuten:

$\bar{z}_i$: der Mittelwert der Logarithmen der Lymphozytenzahl in der i -ten Altersgruppe,

c_α : der zur Ausschlußwahrscheinlichkeit α gehörige Toleranzfaktor.

Die Gesamtheit der so bestimmten Grenzen sollte $100 \cdot (1-\alpha)\%$ aller logarithmierten Lymphozytenwerte der Referenzmenge einschließen. Jeweils die Hälfte aller ausgeschlossenen Referenzwerte sollten oberhalb bzw. unterhalb der Toleranzgrenzen liegen.

Eine weitere Vereinfachung bei der Schätzung der Toleranzgrenzen ergibt sich für den Fall, daß die Mittelwerte der logarithmierten Lymphozytenzahlen ($\bar{z}_i$) durch eine lineare Regressionslinie beschrieben werden können. Es sei z_i der zur i-ten Altersgruppe geschätzte Wert auf der Regressionsgeraden:

$$z_i = a + b \cdot x_i$$

Dann ist: $\log T_i(\alpha) = z_i \pm c_\alpha \cdot s$

Auf diese Weise erhält man einen durch zwei Geradenstücke, die symmetrisch und parallel zur Mittelwert-Regression verlaufen, begrenzten Toleranzgürtel, für den die Ausschlußwahrscheinlichkeiten unverändert gelten sollten. Die Gleichungen der den Toleranzgürtel begrenzenden Geraden sind:

$$\log T_i'(\alpha) = a' + bx_i \quad (\text{obere Toleranzlinie})$$

$$\log T_i''(\alpha) = a'' + bx_i \quad (\text{untere Toleranzlinie})$$

Dabei ist $a' - a'' = 2c_\alpha \cdot s$ der Abstand der Geraden, d.h. die konstante Breite des Toleranzgürtels (in logarithmischer Darstellung).

Um zu den Toleranzgrenzen der absoluten Lymphozytenwerte zu kommen, wird $\log T_i(\alpha)$ entlogarithmiert:

$$T_i(\alpha) = \text{antilog}(\log T_i(\alpha)) = 10^{\log T_i(\alpha)}$$

Bei Verwendung des Regressionsansatzes ist:

$$T_i'(\alpha) = 10^{a'+bx} = 10^{a'} \cdot 10^{bx} \quad (\text{obere Toleranzlinie})$$

$$T_i''(\alpha) = 10^{a''+bx} = 10^{a''} \cdot 10^{bx} \quad (\text{untere Toleranzlinie})$$

Die allgemeine Exponentialfunktion auf der rechten Seite der Gleichung kann, da die Werte von b extrem klein sind, durch eine Gerade geschätzt werden (BRONSTEIN und SEMENDJAJEW, 1960), denn es gilt:

$$10^{bx} \approx 1 + \ln 10bx$$

Setzt man noch $10^{a'} = A'$ und $10^{a''} = A''$, so erhält man

$$T_1'(\alpha) = A' + A' \ln 10bx$$

$$T_1''(\alpha) = A'' + A'' \ln 10bx$$

Da das lineare Regressionsmodell zur Beschreibung der Mittelwerte nur für Schafe ab dem 6. Lebensmonat geeignet erschien, wurde die Poolung von s auch erst ab dem 6. Lebensmonat vorgenommen.

Folgende Toleranzbereiche wurden für die Leukozyten, Lymphozyten und Neutrophilen von Schafen ausgewählt:

- a) Ein zweiseitiger 95,44%-Toleranzbereich entsprechend einer (zweiseitigen) Ausschlußwahrscheinlichkeit von $\alpha = 4,56\%$. Dieser α -Wert ergibt sich, wenn als Toleranzfaktor $c_\alpha = 2,00$ verwendet wird. Dieser Toleranzgürtel sollte somit auf jeder Seite etwa 2,5% aller Referenzwerte ausschließen und etwa 95% einschließen.
- b) Die obere Grenze des Normbereiches, welche für sich allein genommen die obere 97,7%-Toleranzgrenze mit $c_\alpha = 2,00$ ist. Diese Grenze schließt 2,3% aller Beobachtungspunkte nach oben aus.
- c) Ein einseitiger 99%-Toleranzbereich mit oberer Toleranzgrenze entsprechend dem Toleranzfaktor $c_\alpha = 2,33$. Dieser Bereich sollte etwa 1% aller Referenzwerte nach oben ausgrenzen und 99% einschließen.

Da für die Schafe der ersten 5 Lebensmonate kein berechnen-

bares Modell zur Beschreibung der Mittelwerte vorlag, wurde auf eine Poolung von s verzichtet. Die Schätzung der Toleranzgrenzen wird deshalb für jede Altersgruppe unter Zuhilfenahme von s_i vorgenommen.

2.14. Darstellung des Eosinophilensystems

2.14.1. Der Median (BENNINGHAUS, 1982)

Der Median oder Zentralwert ist bei nichtsymmetrischen Verteilungen¹⁾ dem arithmetischen Mittel überlegen. Bei klassierten Daten wird folgende Formel verwendet:

$$\tilde{x} = \begin{array}{l} \text{Untere Grenze} \\ \text{des Eingriffs-} \\ \text{spielraums} \end{array} + \left[\frac{\begin{array}{l} N \\ 2 \end{array} - \begin{array}{l} \text{kumulierte Häufig-} \\ \text{keit unterhalb des} \\ \text{Eingriffsspielraumes} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{Häufigkeit im Eingriffs-} \\ \text{spielraum} \end{array}} \right] \cdot \begin{array}{l} \text{Breite des} \\ \text{Klassen-} \\ \text{intervalls} \end{array}$$

2.14.2. Das erste Quartil (BENNINGHAUS, 1982)

Das erste Quartil $x_{0,25}$ trennt die unteren 25 Prozent der Beobachtungswerte von den restlichen 75 Prozent ab. In der Formel in Kap. 2.14.1. muß $\frac{N}{2}$ durch $\frac{N}{4}$ ersetzt werden.

2.14.3. Das dritte Quartil (BENNINGHAUS, 1982)

Das dritte Quartil $x_{0,75}$ trennt die oberen 25 Prozent der Beobachtungswerte von den restlichen unteren 75 Prozent ab. $\frac{N}{2}$ in Formel Kap. 2.14.1. muß durch $\frac{3}{4}N$ ersetzt werden.

1) So z.B. linkssteile Verteilungen der weißen Blutkörperchen.

2.14.4. Der Box- and Whisker-Plot (LORENZ, 1984)

Der Aufbau eines Box- and Whisker-Plots läßt folgende Charakteristika einer Verteilung erkennen:

Die "Box" grenzt den Hälftespielraum ($x_{0,75} - x_{0,25}$) ein, die "whiskers" bezeichnen den größten $x_{\max}$ bzw. den kleinsten $x_{\min}$ Stichprobenwert. Der "Plot" gibt zudem Auskunft über Symmetrie oder Schiefe einer Verteilung. Der Box- and Whisker-Plot eignet sich besonders für den visuellen Vergleich verschiedener Meßwertreihen.

IV. ERGEBNISSE

1. Die Häufigkeitsverteilungen der Gesamtzahl der Leukozyten, der absoluten Zahl der Lymphozyten und der absoluten Zahl der neutrophilen Granulozyten pro μ l Blut sowie deren logarithmierte Werte von Schafen einer Altersgruppe

1.1. Prüfung auf Normalverteilung

Nachdem die Gesamtzahl der Leukozyten, der absoluten Zahl der Lymphozyten und der absoluten Zahl der neutrophilen Granulozyten (Neutrophile) männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse den entsprechenden Altersklassen zugeordnet worden sind, stellt sich nunmehr die Frage, welcher Häufigkeitsverteilung die Einzelwerte der weißen Blutkörperchen einer bestimmten Altersgruppe gehorchen.

Da den Literaturveröffentlichungen zufolge die Verteilungsfrage immer noch nicht entschieden ist (s. Tab. A.10.), wird in vorliegender Arbeit wie folgt vorgegangen: Es werden sowohl die absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen (x_i) als auch deren Logarithmen ($\log x_i = y_i$) einer Altersgruppe mit Hilfe des Lilliefors-Tests auf Normalverteilung geprüft. Der Tabelle A.4. im Anhang sind die jeweiligen Altersgruppen und deren Stichprobenumfänge der durchgeführten Lilliefors-Tests zu entnehmen. Aus Tabelle IV.1.1. sind die prozentualen Anteile der signifikanten Lilliefors-Tests ersichtlich. Die Ergebnisse zeigen, daß nichts gegen eine Normalverteilung der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen spricht, daß aber eine Normalverteilung der absoluten Werte ausgeschlossen werden kann. Ferner ist der Anteil signifikanter Lilliefors-Tests bei den logarithmierten Leukozytenwerten der männlichen Schafe relativ groß. Dies kann mit der geringeren Anzahl von Altersgruppen und mit den geringen Stichprobenumfängen bei den männlichen Tieren erklärt werden (s. Tab. A.4.), ohne daß deshalb ein geschlechtsabhängiges Verteilungsmuster der Leukozytenzahlen gefordert werden muß.

Tabelle IV.1.1.:

Prozentuale Anteile der signifikanten Lilliefors-Tests an der Gesamtzahl k der durchgeführten Tests bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$

Die Tests wurden sowohl für x_i als auch für $\log x_i$ bei den weiblichen und männlichen Schafen für jede Blutfraktion gesondert und nach Rassen getrennt durchgeführt

k = Gesamtzahl der geprüften Altersgruppen

Rasse und Geschlecht	Blutfraktion	x_i	$\log x_i$
weibliche Texel $k=21$	Leukozyten	19%	5%
	Lymphozyten	14%	0%
	Neutrophile	33%	0%
weibliche Merino- schafe $k=20$	Leukozyten	5%	5%
	Lymphozyten	10%	0%
	Neutrophile	20%	0%
weibliche Milch- schafe $k=7$	Leukozyten	14%	0%
	Lymphozyten	0%	0%
	Neutrophile	14%	0%
männliche Texel $k=9$	Leukozyten	22%	22%
	Lymphozyten	22%	0%
	Neutrophile	0%	0%
männliche Merino- schafe $k=10$	Leukozyten	10%	10%
	Lymphozyten	10%	0%
	Neutrophile	30%	10%
männliche Milch- schafe $k=8$	Leukozyten	13%	0%
	Lymphozyten	13%	0%
	Neutrophile	25%	0%

In Tabelle IV.1.2. bleiben die Kriterien "Rasse und Geschlecht" unberücksichtigt. Allein die Tatsache, ob die Beobachtungswerte logarithmiert sind oder nicht, soll über die Annahme der Nullhypothese - eine Normalverteilung der logarithmierten bzw. nichtlogarithmierten Blutwerte wird nicht ausgeschlossen - entscheiden.

Tabelle IV.1.2.: Prozentuale Anteile der signifikanten Lilliefors-Tests an der Gesamtzahl k der durchgeführten Tests unabhängig von Rasse und Geschlecht

Die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt $\alpha = 0.05$ und die Anzahl der geprüften Altersgruppen beträgt $k = 75$.

Blutfraktion	x_i	$\log x_i$
Leukozyten	13%	7%
Lymphozyten	12%	0%
Neutrophile	23%	1%

Legt man den Leukozyten, Lymphozyten und Neutrophilen ein einheitliches Verteilungsmuster, nämlich linkssteile Häufigkeitsverteilungen¹⁾ zugrunde, so sind bei den absoluten Werten (x_i) 36 von 225 durchgeführten Lilliefors-Tests, bei den Logarithmen ($\log x_i$) jedoch nur 6 von 225 durchgeführten Lilliefors-Tests signifikant. Diese Tatsache und die Ergebnisse der Tab. IV.1.1. sprechen eindeutig dafür, daß die logarithmierten Beobachtungswerte einer Altersgruppe mit der Annahme einer Normalverteilung besser verträglich sind als die absoluten Beobachtungswerte selbst.

1) S. LORENZ und STRAUB, 1976.

1.2. Untersuchung der Verteilungsfrage bei weiblichen Schwarzkopfschafen

Die Leukozyten und Gesamtlymphozyten von 394 weiblichen Schwarzkopfschafen¹⁾ werden zwei Verfahren unterworfen:

- a) Die absoluten Beobachtungswerte werden durch Histogramme dargestellt (s. Abb. A.1. und Tab. IV.1.3.)
- b) Die absoluten Beobachtungswerte und deren Logarithmen werden dem Lilliefors-Test unterworfen (s. Tab. IV.1.4.)

Als Ergebnis kann festgehalten werden: Die absoluten Leukozyten- und Lymphozytenwerte folgen überwiegend einer linkssteilen Verteilung bzw. sind angenähert normalverteilt; rechtssteile Verteilungen finden sich für beide Blutfraktionen jeweils nur in einem Fall (s. Tab. IV.1.3.).

Es spricht nichts gegen die Annahme einer Normalverteilung der logarithmierten Beobachtungswerte einer Altersgruppe (s. Tab. IV.1.4.).

Tabelle IV.1.3.: Übersicht über die Verteilungsformen der durch Histogramme dargestellten Beobachtungspunkte bei Schwarzkopfschafen

Blutfraktion	Verteilungsform der Histogramme		
	Werte angenähert normalverteilt	linkssteile Dichtefunktion	rechtssteile Dichtefunktion
Leukozyten	2. Jahr	1. Jahr	6. Jahr
	3. Jahr	4. Jahr	
	7. Jahr	5. Jahr	
Gesamt-lymphozyten	4. Jahr	1. Jahr	3. Jahr
	7. Jahr	2. Jahr	
		5. Jahr	
		6. Jahr	

1) Die Daten entstammen der Dissertation von HÜBNER, 1971

Tabelle IV.1.4.:

Übersicht der durchgeführten Lilliefors-Tests für die Leukozyten und Gesamtlymphozyten bei den weiblichen Schwarzkopfschafen

$$\alpha = 0,05$$

x_i : nichtlogarithmierte Beobachtungswerte einer Altersgruppe

$\log x_i$: logarithmierte Beobachtungswerte einer Altersgruppe

Ein signifikantes Testergebnis wird durch + dargestellt.

Blutfraktion	Altersgruppe	Stichproben- umfang (n)	x_i	$\log x_i$
Leukozyten	1. Jahr	n=54	+	
	2. Jahr	n=65		
	3. Jahr	n=96		
	4. Jahr	n=54		
	5. Jahr	n=55	+	
	6. Jahr	n=43		
	7. Jahr	n=17		
Gesamt- lymphozyten	1. Jahr	n=54	+	
	2. Jahr	n=65		
	3. Jahr	n=96	+	
	4. Jahr	n=54		
	5. Jahr	n=55		
	6. Jahr	n=43		
	7. Jahr	n=17		

2. Das Ausreißerproblem

Da an den Schafen zum Teil Leukoseübertragungsversuche¹⁾ vorgenommen worden sind, liegt es nahe, das Untersuchungsmaterial auf Ausreißer hin zu untersuchen, wobei nur Ausreißer nach oben, also z.B. in Richtung Leukozytose, berücksichtigt werden. Voraussetzung für die Ausreißertests ist die Normalverteilung der Grundgesamtheit der Beobachtungswerte. Dies wurde mit Hilfe der Lilliefors-Tests für die logarithmierten Beobachtungswerte einer Altersgruppe nachgewiesen (s. Kap. IV.1.1.). Folglich werden nunmehr Ausreißer innerhalb der logarithmierten Meßwertreihen der Leukozyten, Lymphozyten und Neutrophilen untersucht.

Ausreißer nach unten werden nicht betrachtet, da kein Schaf in dieser Untersuchung mehrmals hintereinander extrem niedrige Werte aufweist und somit auch keine Leukopenie zu erwarten ist.

Die Ausreißer wurden mit Hilfe des Dixon-Tests bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,01$ festgestellt und bei allen weiteren Rechenverfahren ersatzlos gestrichen. Diese Ausreißer sind nachfolgender Tabelle IV.2.1. zu entnehmen.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß diese Ausreißer erst jetzt eliminiert werden, d.h. bei der Durchführung der Lilliefors-Tests sind zunächst auch ausreißerverdächtige Werte mit eingegangen, um den Einwand einer möglichen Vorselektion von Daten - in Richtung einer Normalverteilung - zu entkräften.

Unter den Referenzschafen befinden sich zwei Schafe mit so extrem hohen Werten (vgl. Tab. IV.2.2.), daß diese schon

1) Blutwerte von Schafen, an denen Übertragungsversuche durchgeführt worden sind, werden nach solchen Manipulationen nicht mehr berücksichtigt. Trotzdem erschien es angebracht, den Ausreißertest durchzuführen, um nicht erfaßte Extremwerte, welche auf einen krankhaften Zustand hinweisen, zu eliminieren.

bei der Vorsortierung der Daten, also ohne Durchführung eines Dixon-Tests, für die entsprechenden Zeiträume gestrichen worden sind. Eine Erklärung für besagte Extremwerte konnte jedoch nicht gefunden werden; möglicherweise liegen hier Übertragungsfehler vor.

Tabelle IV.2.1. Die mit Hilfe des Dixon-Tests festgestellten Ausreißer bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,01$

y_i : log. Beobachtungswert

x_i : nichtlog. Beobachtungswert

Rasse und Geschlecht	Blutfraction	Altersgruppe	Ausreißer
weibliche Merinoschafe	Leukozyten	55.-57.Monat	$y_i=4,2175$ ($x_i=16500$)
	Lymphozyten	55.-57.Monat	$y_i=4,1313$ ($x_i=13500$)
weibliche Milchschafe	Leukozyten	31.-33.Monat	$y_i=4,2304$ ($x_i=17000$)
männliche Merinoschafe	Leukozyten	7.-9.Monat	$y_i=4,2430$ ($x_i=17500$)

Tabelle IV.2.2.: Extremwerte, die ohne Durchführung eines Dixon-Tests gestrichen wurden

x_i : nichtlog. Beobachtungswert

Rasse und Geschlecht	Blutfraction	Altersgruppe	Ausreißer
männliche Texelschafe: (Nr. 720)	Leukozyten	7.-9.Monat	$x_i=67400$
	Lymphozyten	7.-9.Monat	$x_i=61300$
	Neutrophile	7.-9.Monat	$x_i=5400$
weibliche Merinoschafe: (Nr. 717)	Leukozyten	5. Monat	$x_i=35800$
	Lymphozyten	5. Monat	$x_i=34726$
	Neutrophile	5. Monat	$x_i=1074$

3. Abhängigkeit der Streuungen der Blutparameter vom Alter

Es werden sowohl für die Standardabweichungen der absoluten Werte (s_{y_i}) als auch für deren Logarithmen ($s_{\log y_i}$) die Regressionsgeraden berechnet und sodann deren Steigungsverhalten untersucht.

Unterscheidet sich die Steigung signifikant von Null, so liegt eine echte Altersabhängigkeit¹⁾ der Standardabweichungen vor ($f > t$). Die Ergebnisse sind in den Tabellen IV.3.1. - IV.3.4. wiedergegeben. (Es wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,01$ (+++), $\alpha = 0,05$ (++) und $\alpha = 0,10$ (+) zugrundegelegt.)

Da in vorliegender Arbeit auch der Einfluß der Geburt auf das weiße Blutbild berücksichtigt werden soll, sind die Tabellen IV.3.1. und IV.3.2. mit den Lammungsdaten erstellt worden. Tabelle IV.3.3. hingegen ohne diese und nur für die Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte, da später nur noch mit diesen gerechnet wird.

Die Zeiträume bei den weiblichen Milchschaften stimmen nicht exakt überein, denn die Zeitintervalle in den Tabellen IV.3.1. und IV.3.2. entstammen einer früheren Einteilung der Milchschafe und das Intervall in Tabelle IV.3.3. stellt die aktuelle Zeiteinteilung bei den Milchschaften dar. Die Reduktion des Zeitintervalls erfolgte wegen der geringen Stichprobenumfänge in den höheren Altersgruppen. Die Verhältnisse bei den männlichen Tieren sind schließlich der Tabelle IV.3.4. zu entnehmen²⁾. Da später nur noch die Logarithmen berücksichtigt werden, wird auf die Wiedergabe der Ergebnisse bei den Nichtlogarithmen der männlichen Schafe verzichtet.

Werden die Ergebnisse aus Tabelle IV.3.1. denen aus Tabelle IV.3.2. gegenübergestellt, so zeigt sich, daß die Anzahl

1) S. auch Kap. III.2.4.

2) S. bez. der männlichen Merinoschafe auch Kap. IV.6.

der signifikanten Testergebnisse durch die Logarithmierung der Beobachtungswerte gesenkt werden kann; außerdem sind die t -Werte in Tabelle IV.3.2. infolge der Logarithmierung fast durchweg niedriger als in Tabelle IV.3.1. Die Altersabhängigkeit von s_{y_i} bzw. $s_{\log y_i}$ - sofern überhaupt vorhanden - ist also recht schwach ausgeprägt, und sie tritt bei den $s_{\log y_i}$ schwächer zu Tage als bei den s_{y_i} . (Für die männlichen Schafe gilt entsprechendes.)

Werden die Lammungsdaten nicht mehr berücksichtigt (vgl. Tab. IV.3.3. mit Tab. IV.3.2.), so treten keine signifikanten Testergebnisse mehr auf und die t -Werte können nochmals - bis auf zwei Ausnahmen - abgesenkt werden. Dies ist als Hinweis dafür zu werten, daß die Lammungsdaten doch einen gewissen Einfluß auf die Verteilung der Blutwerte innerhalb einer Altersgruppe haben.

Am Beispiel der weiblichen Merinoschafe wird in Abbildung 3.1. das Verhalten der Regressionsgeraden für die Standardabweichungen der absoluten Werte (s_{y_i}) bzw. für die logarithmierten Werte ($s_{\log y_i}$) anschaulich gemacht. Es wird ersichtlich, daß durch die Logarithmierung der Beobachtungswerte der jeweiligen Altersklassen die Streuung der Standardabweichungen um die Regressionsgerade reduziert werden kann. Das bedeutet, daß die Schätzung einer Regressionsgeraden für die Standardabweichungen der logarithmierten Werte genauer ist als für die absoluten Werte.

Der Verfasser geht davon aus, daß die Annahme einer Altersunabhängigkeit der Standardabweichungen bzw. Varianzen für die Logarithmen besser verträglich ist als für die absoluten Werte.

Abb. 3.1.: Die Abhängigkeit der Standardabweichungen der logarithmierten Leukozytenwerte ($s \log y_i$) bzw. der absoluten Leukozytenwerte (s_{y_i}) von der Zeit sowie die entsprechenden Regressionsgeraden bei weiblichen Merinoschafen

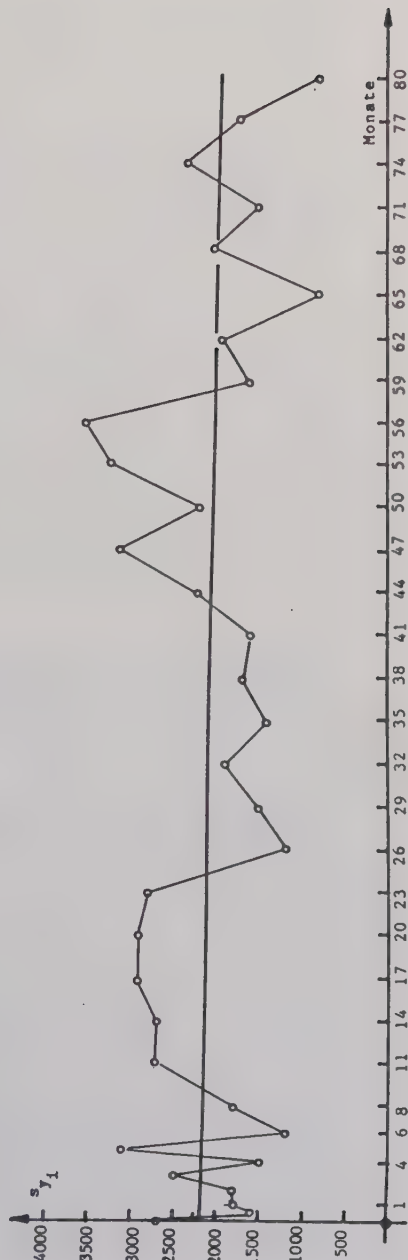
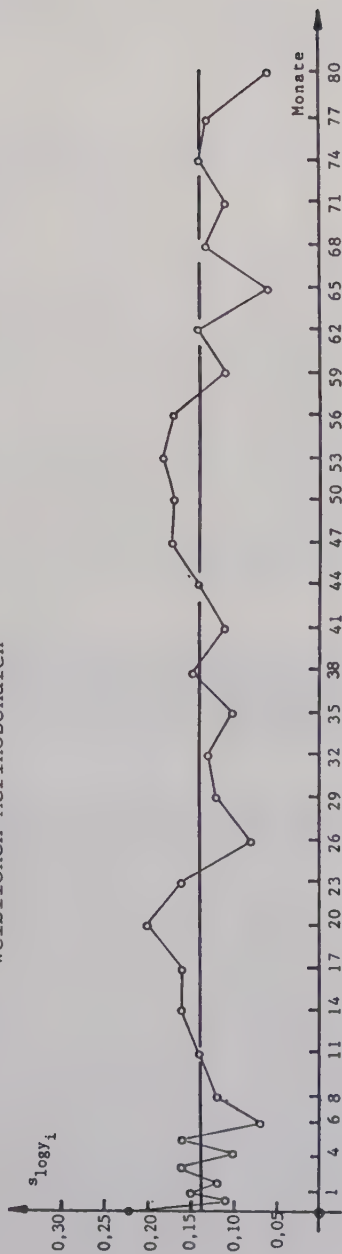


Tabelle IV.3.1.:

Prüfung der Steigung der Regressionsgeraden der Standardabweichungen der absoluten Werte (s_{y_i}) gegen Null bei weiblichen Schafen (inklusive Lammungsdaten)

Rasse/Zeitintervall	Blutfraktion	Steigung b	Testgröße $\hat{t}$	tabellarische Prüfgröße für entsprechendes α $t(0,10)$ $t(0,05)$ $t(0,01)$		
Merino; 0.-80.Monat	Leukozyten	-5,07399	1,068	1,694	2,037	2,738
	Lymphozyten	-7,15865	1,392			
	Neutrophile	+5,66876	1,608			
Texel; 0.-60.Monat	Leukozyten	-11,95640	1,251	1,708	2,060	2,787
	Lymphozyten	-5,17184	0,602			
	Neutrophile	+3,24386	0,433			
Milchschafe 0.-48,5.Mon.	Leukozyten	+40,99840	2,301 ⁺⁺	1,740	2,110	2,898
	Lymphozyten	+21,48030	1,741			
	Neutrophile	+57,30720	2,778 ⁺⁺			

Tabelle IV.3.2.:

Prüfung der Steigung der Regressionsgeraden der Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte ($s \log y_i$) gegen Null bei weiblichen Schafen (inklusive Lammungsdaten)

Rasse/Zeitintervall	Blutfraktion	Steigung b	Testgröße $\hat{t}$	tabellarische Prüfgröße für entsprechendes α $t(0,10)$ $t(0,05)$ $t(0,01)$		
Merino; 0.-80.Monat	Leukozyten	+0,000392	0,648	1,694	2,037	2,738
	Lymphozyten	-0,000123	0,329			
	Neutrophile	-0,000204	0,285			
Texel; 0.-62.Monat	Leukozyten	-0,000623	1,199	1,708	2,060	2,787
	Lymphozyten	-0,000187	0,350			
	Neutrophile	+0,000829	0,722			
Milchschafe; 0.-48,5.Mon.	Leukozyten	+0,001888	3,800 ⁺⁺⁺	1,740	2,110	2,898
	Lymphozyten	+0,001689	1,418			
	Neutrophile	-0,000813	0,313			

Tabelle IV.3.3.:

Prüfung der Steigung der Regressionsgeraden der Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte ($s \log y_i$) gegen Null bei weiblichen Schafen (ohne Lammungsdaten)

Rasse/Zeitintervall	Blutfraktion	Steigung b	Testgröße $\hat{t}$	tabellarische Prüfgröße für entsprechendes α $t(0,10)$ $t(0,05)$ $t(0,01)$		
Merino; 0.-80.Monat	Leukozyten	-0,000377	1,431	1,694	2,037	2,738
	Lymphozyten	-0,000303	0,314			
	Neutrophile	-0,000159	0,175			
Texel; 0.-62.Monat	Leukozyten	-0,000485	0,862	1,708	2,060	2,787
	Lymphozyten	-0,000475	0,895			
	Neutrophile	-0,000238	0,193			
Milchschafe; 0.-41.Mon.	Leukozyten	-0,002348	1,883	1,753	2,131	2,947
	Lymphozyten	-0,001036	0,654			
	Neutrophile	-0,000072	0,022			

Tabelle IV.3.4.:

Prüfung der Steigung der Regressionsgeraden der Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte ($s \log y_i$) gegen Null bei männlichen Schafen

Rasse/Zeitintervall	Blutfraktion	Steigung b	Testgröße $\hat{t}$	tabellarische Prüfgröße für entsprechendes α $t(0,10)$ $t(0,05)$ $t(0,01)$		
Merino; 0.-26.Monat	Leukozyten	-0,004475	3,330 ⁺⁺⁺	1,796	2,201	3,106
	Lymphozyten	-0,002454	1,487			
	Neutrophile	-0,006422	1,893			
Texel; 0.-26.Monat	Leukozyten	-0,000008	0,005	1,782	2,160	3,012
	Lymphozyten	-0,001905	0,891			
	Neutrophile	-0,002816	0,672			
Milchschafe; 0.-35.Monat	Leukozyten	-0,001028	1,121	1,771	2,160	3,012
	Lymphozyten	-0,002107	0,601			
	Neutrophile	+0,003677	0,974			

4. Die Ausgleichskurven für die Mittelwerte der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Schafe einer Altersgruppe

In den vorangegangenen Kapiteln konnte für die logarithmierten Beobachtungswerte eine Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen bei verschiedenen Altersgruppen einer Rasse gezeigt werden, weshalb den weiteren Berechnungen nur noch die logarithmierten Werte zugrunde gelegt werden. Eine solchermaßen notwendige Vorgehensweise hat jedoch zur Folge, daß der tatsächliche Verlauf der Mittelwerte der absoluten Beobachtungswerte nicht mehr erkannt werden kann. Daher wird in diesem Kapitel der Verlauf der Ausgleichskurven für die Mittelwerte (auch Mittelwertkurven genannt) der absoluten Beobachtungswerte in Abhängigkeit von Rasse und Geschlecht der Schafe in den Abb. 4.1. - 4.6. wiedergegeben.

Als Beispiel für den Verlauf der Mittelwerte bei den logarithmierten Beobachtungswerten dienen Abb. A.2. und Abb. A.3. im Anhang; sie umfassen die Mittelwertkurven bei den weiblichen Merino- und den männlichen Texelschafen. Die Mittelwertkurven der absoluten Zahlen der eosinophilen und basophilen Granulozyten (Eosinophile bzw. Basophile) sowie der Monozyten werden nicht gezeigt, da diese im vorliegenden Material nicht in jedem Differentialblutbild eines Schafes vorkommen. Auf die Eosinophilenwerte wird dennoch an anderer Stelle eingegangen. Die Mittelwertkurven in den Abb. 4.1. - 4.6. lassen unabhängig von Rasse und Geschlecht der Schafe folgende gemeinsame Eigenschaften erkennen: Die Leukozyten- und Lymphozytenmittelwerte vollführen einen Anstieg vom 0. bis ca. 5. Monat, der bei den mittleren Lymphozytenzahlen stärker ausgeprägt ist als bei den mittleren Leukozytenzahlen. Denkt man sich für diesen Zeitabschnitt durch die Mittelwerte der Leukozyten- und Lymphozytenzahlen eine Ausgleichskurve gelegt, so sind die konvexen Seiten dieser Kurvenzüge der Zeitachse abgewandt. Nach dieser Zeitspanne (0.-5. Monat) verlaufen die Mittelwerte unruhiger auf und ab; als Ausgleichskurve für diesen späteren Zeitabschnitt kann man sich eine Gerade denken. Bei den Neutrophilenmittelwerten erfolgt nach der Geburt

immer ein Abfall (vom 0. auf den 0,5. Monat), der zum Teil recht stark ausgeprägt ist. Denkt man sich auch hier eine Ausgleichskurve durch die Mittelwerte gelegt, so zeigt diese für die ersten 5 bis 6 Lebensmonate ein mehr oder weniger ausgeprägtes Wellental, d.h. die Konvexität dieser Ausgleichskurve zeigt jetzt nach unten. Diese Effekte sind bei den weiblichen und männlichen Texelschafen weniger deutlich ausgeprägt. Die Mittelwerte des nachfolgenden Zeitabschnitts verlaufen in unregelmäßiger Zickzackform auf und ab; auch hier läßt sich als Ausgleichskurve eine Gerade denken. Es zeigt sich ferner, daß die Mittelwertkurven der Leukozyten und Lymphozyten weitgehend synchron verlaufen, d.h. daß der Kurvenverlauf der Leukozyten durch jenen der Lymphozyten bestimmt wird. Die Mittelwertkurven der Lymphozyten und Neutrophilen liegen am Tage der Geburt (0. Monat) relativ dicht beieinander, um schließlich recht stark zu divergieren. Erst im höheren Alter nähern sich die beiden Kurven etwas an. Diese Zeitabhängigkeit ist besonders bei weiblichen Merino- und Texelschafen sichtbar; hier fallen die Lymphozytenmittelwerte im höheren Alter etwas ab, die Neutrophilenmittelwerte hingegen steigen etwas an.

Die weitere Betrachtung der Mittelwertkurven von Lymphozyten und Neutrophilen läßt erkennen, daß die Mittelwerte beider Kurven in gewisser Weise negativ korreliert sind: ein Hochpunkt der Lymphozytenmittelwerte fällt mit einem Tiefpunkt der Mittelwerte der Neutrophilen zusammen oder auch umgekehrt; mithin ist eine gewisse spiegelbildliche Symmetrie zwischen beiden Kurven erkennbar.

Die ausgeführten Besonderheiten der Mittelwertkurven¹⁾ lassen folgende Einteilung zu:

- a) Der 0.-5. Lebensmonat kann als "erster Lebensabschnitt" und

1) Diese Aussagen gelten auch für die Mittelwertkurven der Logarithmen; nur sind dort die beschriebenen Effekte weniger deutlich ausgeprägt (s. Abb. A.3.).

Abb. 4.1.:

Die Mittelwertkurven der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der weiblichen Merinoschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

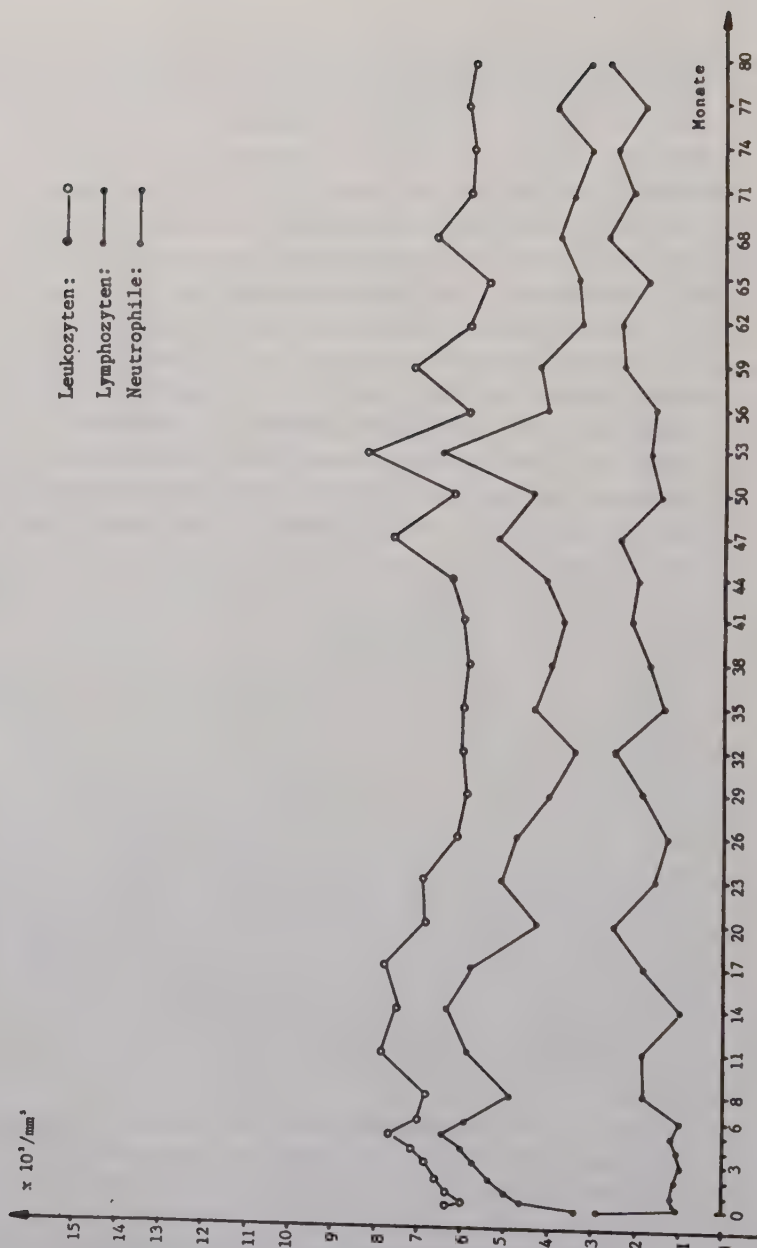


Abb. 4.2.:

Die Mittelwertkurven der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der weiblichen Texelschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

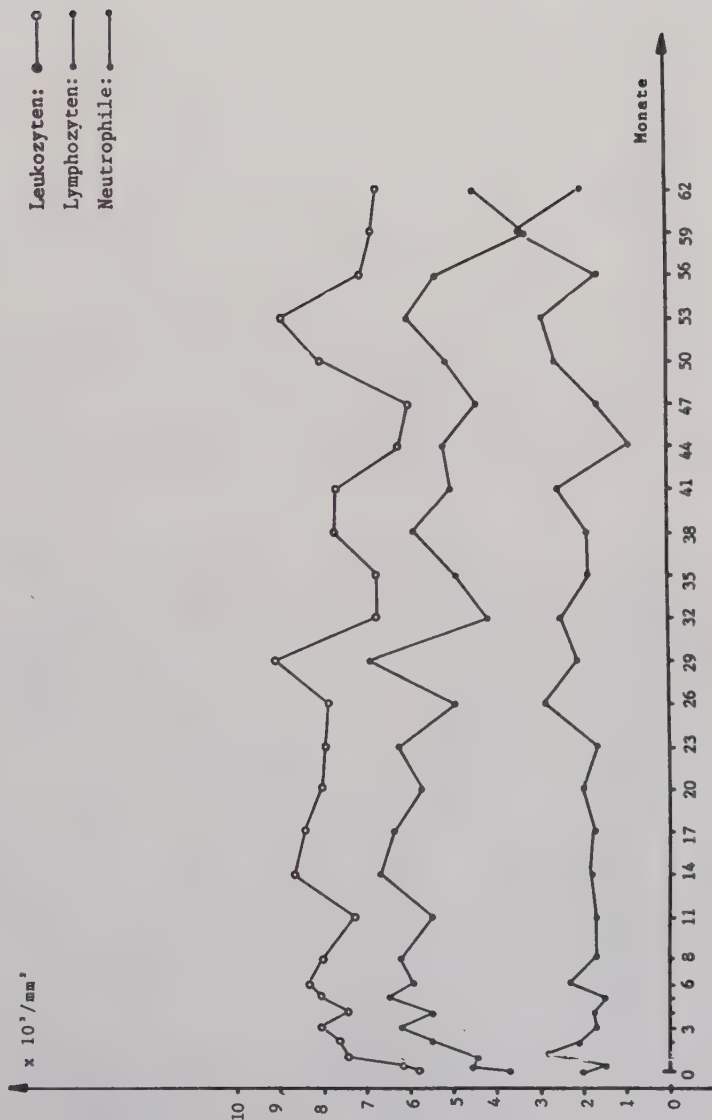


Abb. 4.3.: Die Mittelwertkurven der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der weiblichen Michschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

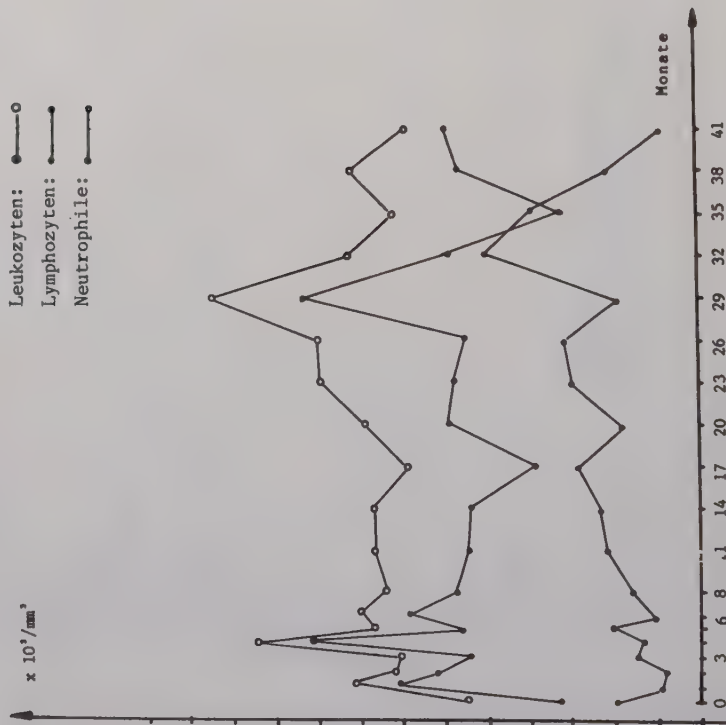


Abb. 4.4.: Die Mittelwertkurven der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen Merinoschafe

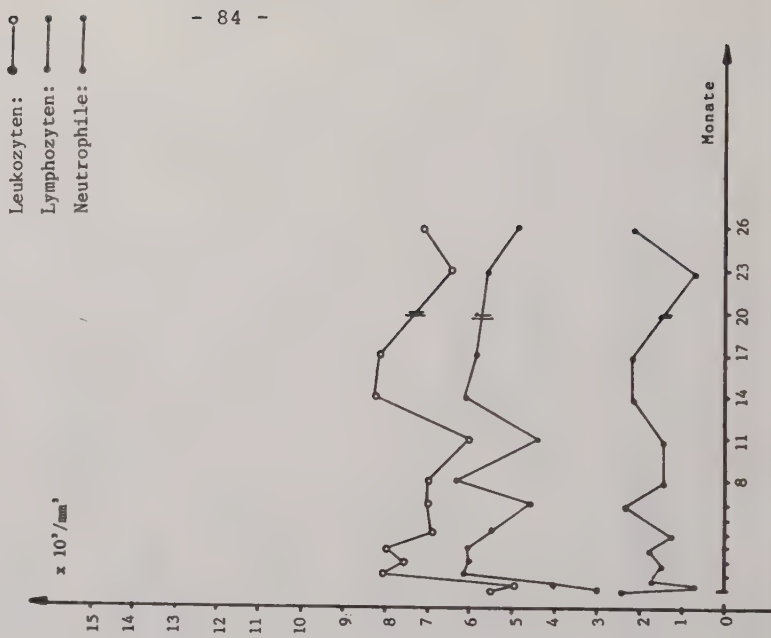


Abb. 4.5.: Die Mittelwertkurven der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen Texelschafe

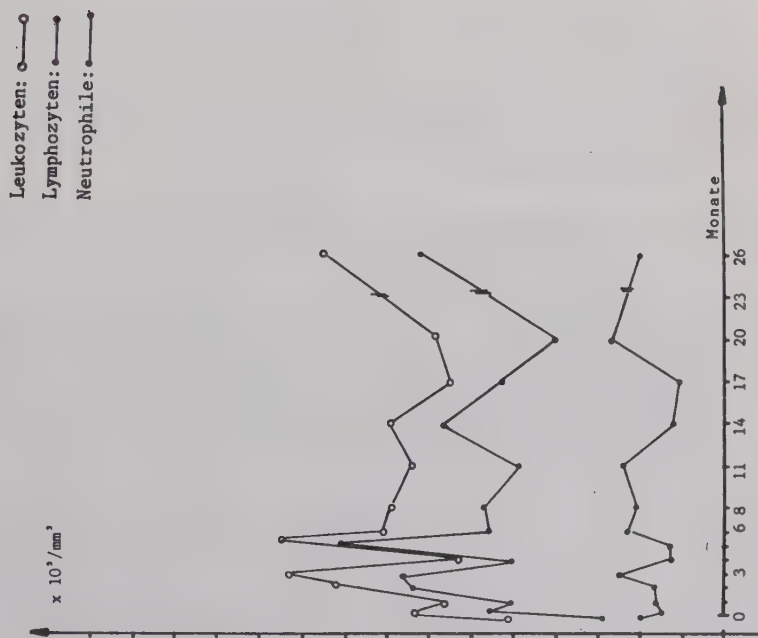
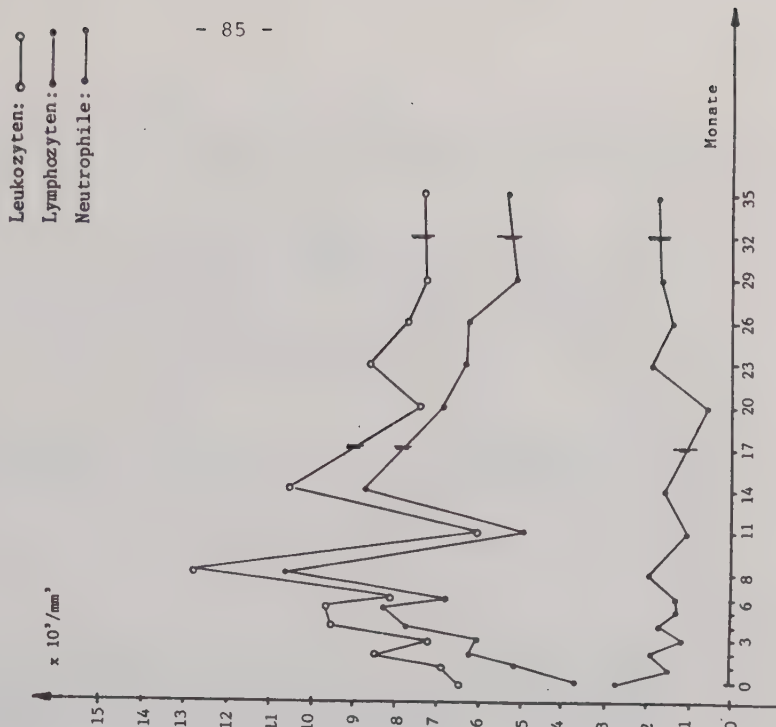


Abb. 4.6.: Die Mittelwertkurven der absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen Milchschafe



- b) die Zeit vom 6. Lebensmonat an kann als "zweiter Lebensabschnitt" beschrieben werden.

Dieser auf einem visuellen Eindruck beruhenden Einteilung soll für den ersten Lebensabschnitt mittels der einfachen Varianzanalyse nachgegangen werden. Für die mathematische Beschreibung der Verhältnisse im zweiten Lebensabschnitt wird das lineare Regressionsmodell herangezogen.

Der Tabelle A.5. des Anhangs sind für jede Rasse beiderlei Geschlechts die Kenngrößen einer jeden Altersgruppe zu entnehmen. Das Tabellenwerk sowie die Abbildungen dieses Kapitels wurden unter Berücksichtigung der Lammungsdaten erstellt.

5. Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Schafen im Alter bis zu fünf Monaten auf eine Altersabhängigkeit

Einer möglichen Alters- bzw. Zeitabhängigkeit der Mittelwerte weißer Blutzellen (der logarithmierten Beobachtungswerte) von Schafen im ersten Lebensabschnitt wird nachfolgend mittels der einfachen Varianzanalyse nachgegangen.

5.1. Die Abhängigkeit der Mittelwerte der weißen Blutzellen vom Alter der Schafe

In den Tabellen IV.5.1. und IV.5.2. sind die berechneten Testgrößen $\hat{F}$ und die tabellierten Signifikanzschwellen F für die Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$ gegeben. Ein signifikantes Testergebnis liegt dann vor, wenn $\hat{F} > F$ ist. Die Freiheitsgrade $v_1 = k-1$ und $v_2 = n-k$

werden für die Bestimmung von F benötigt. Dabei ist k die Anzahl der Altersgruppen und n der Gesamtstichprobenumfang in den beobachteten Altersgruppen¹⁾.

Nach dem Studium der Tabellen IV.5.1. und IV.5.2. kann bezüglich signifikanter Mittelwerte, d.h. Mittelwerte, die vom Alter der Schafe abhängig sind, für den Zeitraum 0.-5. Monat ("erster Lebensabschnitt") unabhängig von Rasse und Geschlecht der Schafe gesagt werden:

- a) Die Mittelwerte der logarithmierten Leukozytenzahlen bei weiblichen und männlichen Schafen einer Rasse sind nur teilweise signifikant verschieden; eine gesetzmäßige Abhängigkeit der mittleren Leukozytenzahl vom Alter der Schafe ist nicht zu erkennen. Entsprechendes gilt auch für die Mittelwerte der logarithmierten Neutrophilenzahlen.
- b) Die Mittelwerte der logarithmierten Lymphozytenzahlen männlicher und weiblicher Schafe aller drei Rassen unterscheiden sich immer signifikant voneinander, d.h. der Wert der durchschnittlichen Lymphozytenzahl ist abhängig vom Alter des Schafes.

Tabelle IV.5.1.a): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf eine Zeitabhängigkeit (0.-5. Monat) bei weiblichen Merinoschafen

Blutfractionen	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	v_1, v_2
log. Leukozyten	0,56	3,08	2,23	$v_1=6$
log. Lymphozyten	4,86 ⁺⁺	3,08	2,23	$v_2=68$
log. Neutrophile	3,21 ⁺⁺	3,08	2,23	

1) Zur Methode, s. Kapitel III.2.5.

Tabelle IV.5.1.b): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf eine Zeitabhängigkeit (0.-5. Monat) bei weiblichen Texelschafen

Blutfractionen	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	v_1, v_2
log. Leukozyten	1,56	3,01	2,19	$v_1=6$ $v_2=93$
log. Lymphozyten	4,90 ⁺⁺	3,01	2,19	
log. Neutrophile	0,92	3,01	2,19	

Tabelle IV.5.1.c): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf eine Zeitabhängigkeit (0.-5. Monat) bei weiblichen Milchschaften

Blutfractionen	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	v_1, v_2
log. Leukozyten	1,64	3,51	2,45	$v_1=5$ $v_2=36$
log. Lymphozyten	5,28 ⁺⁺	3,51	2,45	
log. Neutrophile	0,92	3,51	2,45	

Tabelle IV.5.2.a): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf eine Zeitabhängigkeit (0.-4,5. Monat) bei männlichen Merinoschafen (1)

Blutfractionen	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	v_1, v_2
log. Leukozyten	2,35	3,26	2,33	$v_1=5$ $v_2=80$
log. Lymphozyten	9,10 ⁺⁺	3,26	2,33	
log. Neutrophile	3,09 ⁺	3,26	2,33	

1) Da am 4. und 5. Monat nur einige wenige Beobachtungen vorliegen, wurden die beiden Monate zu einer Altersgruppe zusammengefaßt.

Tabelle IV.5.2.b): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf eine Zeitabhängigkeit (0.-5. Monat) bei männlichen Texelschafen

Blutfractionen	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	v_1, v_2
log. Leukozyten	4,48 ⁺⁺	3,19	2,29	$v_1=6$ $v_2=50$
log. Lymphozyten	8,30 ⁺⁺	3,19	2,29	
log. Neutrophile	1,39	3,19	2,29	

Tabelle IV.5.2.c): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf eine Zeitabhängigkeit (0.-5. Monat) bei männlichen Milchschaften

Blutfractionen	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	v_1, v_2
log. Leukozyten	0,97	3,51	2,45	$v_1=5$ $v_2=40$
log. Lymphozyten	3,71 ⁺⁺	3,51	2,45	
log. Neutrophile	1,22	3,51	2,45	

5.2. Die Abhängigkeit der mittleren Lymphozytenzahlen vom Alter der Schafe

Dieser Test¹⁾ wird dann durchgeführt, wenn die Varianzanalyse Signifikanz ergab und nun von Interesse ist, welche Mittelwerte sich voneinander signifikant unterscheiden. Der Scheffé-Test wird deshalb nur für die logarithmierten Lymphozytenzahlen durchgeführt, weil nur diese - und nicht die log. Leukozyten bzw. Neutrophilenzahlen - eine gesetzmäßige

1) Vgl. Kap. III.2.6.

Zeitabhängigkeit aufweisen.

Es liegt dann ein signifikantes Testergebnis vor, wenn $\hat{S} > S$ ist. Der Test wurde für die Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,01$, $\alpha = 0,05$ und $\alpha = 0,10$ durchgeführt. In nachfolgenden Tabellen ist k die Anzahl der Altersgruppen, n die Gesamtzahl der Beobachtungen im untersuchten Zeitabschnitt (0.-5. Monat), $\hat{S}$ die berechnete und in den Tabellen wiedergegebene Testgröße und S die Signifikanzschwelle.

Aus den Tabellen IV.5.3. und IV.5.4. wird ersichtlich, daß bei männlichen und weiblichen Tieren aller drei Schafrassen in den ersten Lebensmonaten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Lymphozytenzahlen auftreten. Es ist dabei immer der Mittelwert des ersten Lebenstages ($\bar{y}_0$, 0. Monat), der sich signifikant von nachfolgenden Mittelwerten unterscheidet; dieser Mittelwert $\bar{y}_0$ hat also einen nachweislich tieferen Wert als alle nachfolgenden Mittelwerte.

Die Signifikanz läßt sich meist für $\alpha = 0,01$ bzw. $\alpha = 0,05$ nachweisen. Lediglich in zwei Fällen ist dazu eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% nötig. Bei der Varianzanalyse konnte für die Lymphozytenmittelwerte jedoch immer eine Signifikanz auf dem 1%-Niveau erzielt werden. Dies kann daran liegen, daß die Stichprobenumfänge beim paarweisen Vergleich relativ klein sind.

Tabelle IV.5.3.a): Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der log. Lymphozyten bei weiblichen Merinoschafen für den Zeitraum 0.-5. Monat nach SCHEFFE

Tabelliert sind die Prüfgrößen $\hat{S}$; $k = 7$, $n = 75$

$S(0,01) = 4,30$ (+++), $S(0,05) = 3,66$ (++), $S(0,10) = 3,34$ (+)

ALTERSGRUPPE	0	0,5	1	2	3	4	5
0							
0,5	2,06						
1	2,19	0,23					
2	3,49 ⁺	0,54	0,25				
3	3,43 ⁺	0,71	0,43	0,25			
4	3,31	0,96	0,69	0,57	0,33		
5	3,13	0,98	0,71	0,60	0,38	0,06	

Tabelle IV.5.3.b): Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der log. Lymphozyten bei weiblichen Texelschafen für den Zeitraum 0.-5. Monat nach SCHEFFE

Tabelliert sind die Prüfgrößen $\hat{S}$; $k = 7$, $n = 100$

$S(0,01) = 4,25$ (+++), $S(0,05) = 3,63$ (++), $S(0,10) = 3,31$ (+)

ALTERSGRUPPE	0	0,5	1	2	3	4	5
0							
0,5	1,66						
1	1,52	0,36					
2	3,13	0,89	1,44				
3	4,40 ⁺⁺⁺	1,39	2,13	0,46			
4	3,31 ⁺	1,02	1,60	0,15	0,23		
5	4,13 ⁺⁺⁺	1,50	2,18	0,66	0,28	0,23	

Tabelle IV.5.3.c): Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der log. Lymphozyten bei weiblichen Milchschaafen für den Zeitraum 0.-5. Monat nach SCHEFFE

Tabelliert sind die Prüfgrößen $\hat{S}$; $k = 6$, $n = 42$

$S(0,01) = 4,59$ (+++), $S(0,05) = 3,52$ (++), $S(0,10) = 3,18$ (+)

ALTERSGRUPPE	0	1	2	3	4	5
0						
1	3,69 ⁺⁺					
2	2,59	0,33				
3	1,83	0,72	0,38			
4	3,76 ⁺⁺	0,71	0,91	1,23		
5	2,36	0,76	0,36	0,07	1,33	

Tabelle IV.5.4.a): Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der log. Lymphozyten bei männlichen Merinoschaafen für den Zeitraum 0.-5. Monat nach SCHEFFE

Tabelliert sind die Prüfgrößen $\hat{S}$; $k = 6$, $n = 86$

$S(0,01) = 4,01$ (+++), $S(0,05) = 3,41$ (++), $S(0,10) = 3,10$ (+)

ALTERSGRUPPE	0	0,5	1	2	3	4,5
0						
0,5	1,61					
1	4,70 ⁺⁺⁺	1,39				
2	5,12 ⁺⁺⁺	1,50	0,12			
3	3,70 ⁺⁺	1,28	0,05	0,05		
4,5	2,98	1,03	0,15	0,24	0,17	

Tabelle IV.5.4.b): Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der log. Lymphozyten bei *männlichen Texelschafen* für den Zeitraum 0.-5. Monat nach SCHEFFE

Tabelliert sind die Prüfgrößen $\hat{S}$; $k = 7$, $n = 57$

$s(0,01) = 4,37$ (+++), $s(0,05) = 3,71$ (++) , $s(0,10) = 3,37$ (+)

ALTERSGRUPPE	0	0,5	1	2	3	4	5
0							
0,5	3,73 ⁺⁺						
1	2,28	0,33					
2	5,47 ⁺⁺⁺	1,13	1,20				
3	5,06 ⁺⁺⁺	0,81	0,95	0,35			
4	3,10	0,36	0,04	1,46	1,15		
5	4,40 ⁺⁺⁺	1,23	1,31	0,33	0,61	1,50	

Tabelle IV.5.4.c): Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der log. Lymphozyten bei *männlichen Milchschaften* für den Zeitraum 0.-5. Monat nach SCHEFFE

Tabelliert sind die Prüfgrößen $\hat{S}$; $k = 6$, $n = 46$

$S(0,01) = 4,19$ (+++), $S(0,05) = 3,50$ (++) , $S(0,10) = 3,16$ (+)

ALTERSGRUPPE	0	1	2	3	4	5
0						
1	1,88					
2	2,88	0,56				
3	2,72	0,69	0,19			
4	2,62	0,87	0,44	0,25		
5	3,22 ⁺	1,25	0,82	0,38	0,28	

6. Rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen im ersten Lebensabschnitt (0.-5. Monat)

Bei der Untersuchung auf rassebedingte Unterschiede hinsichtlich des weißen Blutbildes werden unter Anwendung der Varianzanalyse Mittelwerte bestimmter Blutparameter verschiedener Rassen zu einem bestimmten Beobachtungszeitpunkt auf Gleichheit untersucht, wozu jedoch die Gleichheit der Varianzen bzw. Standardabweichungen der Stichproben notwendig ist. Dieser Forderung wird dadurch nachgekommen, daß die Regressionsgeraden der Standardabweichungen ($s_{\log y_i}$) der einzelnen Rassen auf Gleichheit überprüft werden.

Bei der Überprüfung auf geschlechtsbedingte Unterschiede werden nur zwei Mittelwerte eines Blutparameters zu einem bestimmten Zeitpunkt miteinander verglichen. Die Gleichheit der Varianzen (bzw. Standardabweichungen) müßte entsprechend obiger Überlegung durch einen Regressionsvergleich von $s_{\log y_i}$ beider Geschlechter durchgeführt werden, doch kann beim Vergleich zweier Mittelwerte auf diese aufwendige Berechnung verzichtet werden. Sollte nämlich keine Varianzgleichheit (F-Test) gegeben sein, steht neben dem t-Test noch der Welch-Test zur Verfügung.

Die Regressionsgeraden der Standardabweichungen der log. Beobachtungswerte wurden schon berechnet (s. Kap. IV.3.); sie werden nun miteinander verglichen¹⁾.

Die Freiheitsgrade errechnen sich wie folgt:

$v_1 = 2k - 2$, k : Anzahl der Regressionsgeraden,

$v_2 = n - 2k$, n : Anzahl der Beobachtungspunkte.

Bei Betrachtung der Tabellen IV.6.1. und IV.6.2. wird hinreichend deutlich, daß die Varianzen bzw. Standardabweichungen für die logarithmierten Beobachtungswerte der verschiedenen Altersgruppen der Schafe bei allen drei Rassen gleich sind.

1) Zur Methode, s. Kap. III.2.10.

Da die Regressionsgerade $s_{\log y_i}$ der männlichen Merinoschafe für den 0.-26. Monat bezüglich der Leukozyten eine Zeitabhängigkeit aufweist (s. Kap. IV.3.), wurde auf einen Regressionsvergleich zunächst verzichtet (s. Tab. IV.6.2., oberer Kasten). Um dennoch einen Regressionsvergleich durchführen zu können, wird bei den männlichen Merinoschafen die Regressionsgerade $s_{\log y_i}$ der Leukozyten erst ab dem 6. Monat berechnet:

$b = -0,001199$, $\hat{e} = 0,977$ mit $t(0,01) = 3,707$, $t(0,05) = 2,447$, $t(0,10) = 1,943$ und $v = 6$.

Es zeigt sich, daß $s_{\log y_i}$ bezüglich der Leukozyten nun altersunabhängig ist.

Tabelle IV.6.2. (unterer Kasten) gibt das Ergebnis des Regressionsvergleiches wieder: Die Annahme einer Regressionsgleichheit erfolgt auf dem 5%-Niveau äußerst knapp.

Tabelle IV.6.1.: Vergleich von k Regressionsgeraden der Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte ($s_{\log y_i}$); weibliche Schafe

Rasse/Beobachtungs- zeitraum (Monate)	Freiheits- grade	Signifikanzschwelle		errechnete Prüfgröße $\hat{F}$ bei		
		F(0,01)	F(0,05)	(1)	(2)	(3)
Merinoschafe (0.-80. Monat)	$v_1=4$ $v_2=74$	3,59	2,50	1,20	1,05	0,58
Texelschafe (0.-62. Monat)						
Milchschafe (0.-48,5. Monat)						

(1): Leukozyten (2): Lymphozyten (3): Neutrophile

Tabelle IV.6.2.:

Vergleich von k Regressionsgeraden der Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte ($s_{\log y_i}$); männliche Schafe

Rasse/Beobachtungs- zeitraum (Monate)	Freiheits- grade	Signifikanzschwelle		errechnete Prüfgröße $\hat{F}$ bei		
		F(0,01)	F(0,05)	(1)	(2)	(3)
Merinoschafe (0.-26. Monat)	$v_1=4$ $v_2=34$	4,02	2,69		0,42	1,67
Texelschafe (0.-26. Monat)						
Milchschafe (0.-35. Monat)						
Merinoschafe (6.-26. Monat)	$v_1=4$ $v_2=31$	4,02	2,69	2,65		
Texelschafe (0.-26. Monat)						
Milchschafe (0.-35. Monat)						

(1): Leukozyten, (2): Lymphozyten, (3): Neutrophile

6.1. Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild weiblicher Schafe

Die Ergebnisse der Untersuchung auf rassebezogene Unterschiede im weißen Blutbild weiblicher Schafe finden sich in den Tabellen IV.6.3. - IV.6.5.. Die Vergleiche werden für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$ durchgeführt. Signifikanz liegt vor, wenn die Prüfgröße $\hat{F}$ größer ist als die Signifikanzschwelle $F(0,01)$ bzw. $F(0,05)$. Der Frage, durch welche Rasse die bei der Varianzanalyse festgestellten Unterschiede¹⁾ hervorgerufen werden, wird durch

1) Auf eine Wiedergabe der Tabelle wird aus Gründen der Platzersparnis verzichtet.

den paarweisen Vergleich nach SCHEFFE nachgegangen. Dabei ergibt sich folgendes:

- Die für die logarithmierten Leukozyten festgestellten rassegebundene Unterschiede am 4. Monat lassen sich auf die Milchschafe allein zurückführen ($\alpha = 0,05$).
- Der rassebedingte Unterschied, der am 1. und 4. Monat bei den Lymphozyten festgestellt wurde, beruht in beiden Fällen auf Mittelwertunterschieden zwischen Texel- und Milchschaften ($\alpha = 0,05$).

Tabelle IV.6.3.: Vergleich der Mittelwerte des ersten Lebensabschnittes der log. *Leukozyten* der weiblichen Schafe mit Hilfe der Varianzanalyse

Zeitpunkt	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	Signifikanz
0 Monat	0,58	4,98	3,15	nein
1. Monat	0,94	5,78	3,47	nein
2. Monat	1,54	5,61	3,40	nein
3. Monat	0,09	5,39	3,32	nein
4. Monat	4,87*	6,01	3,55	ja, für $\alpha=0,05$
5. Monat	0,02	5,85	3,49	nein
6. Monat	0,63	5,85	3,49	nein

* Signifikante Rassenunterschiede liegen vor.

Tabelle IV.6.4.: Vergleich der Mittelwerte des ersten Lebensabschnittes der log. *Lymphozyten* der weiblichen Schafe mit Hilfe der Varianzanalyse

Zeitpunkt	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	Signifikanz
0. Monat	0,65	4,98	3,15	nein
1. Monat	4,40*	5,78	3,47	ja, für $\alpha=0,05$
2. Monat	0,52	5,61	3,40	nein
3. Monat	0,05	5,39	3,32	nein
4. Monat	4,33*	6,01	3,55	ja, für $\alpha=0,05$
5. Monat	0,11	5,85	3,49	nein
6. Monat	0,53	5,85	3,49	nein

* Signifikante Rassenunterschiede liegen vor.

Tabelle IV.6.5.: Vergleich der Mittelwerte des ersten Lebensabschnittes der log. *Neutrophilen* der weiblichen Schafe mit Hilfe der Varianzanalyse

Zeitpunkt	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	Signifikanz
0. Monat	0,48	4,98	3,15	nein
1. Monat	1,86	5,78	3,47	nein
2. Monat	2,63	5,61	3,40	nein
3. Monat	0,01	5,39	3,32	nein
4. Monat	1,90	6,01	3,55	nein
5. Monat	1,10	5,85	3,49	nein
6. Monat	3,69	5,85	3,49*	ja, für $\alpha=0,05$

* Während der ersten fünf Lebensmonate lassen sich keine Rassenunterschiede feststellen.

Nach den bisherigen Untersuchungen liegt der Schluß nahe, daß zwischen den weiblichen Merino- und Texelschafen im ersten Lebensabschnitt bezüglich der drei Blutfraktionen¹⁾ keine Unterschiede bestehen, was anhand des t-Testes überprüft wird. Dazu wird zunächst jeweils die Gleichheit der Varianzen mit dem Varianzquotienten-Test ($\alpha = 0,05$) überprüft und dabei festgestellt, daß diese Gleichheit in jedem Falle gegeben ist²⁾.

Nach den Ergebnissen des t-Testes³⁾ lassen sich zwischen weiblichen Merino- und Texelschafen sowohl bezüglich der log. Leukozyten - als auch der log. Lymphozytenfraktion keine Unterschiede feststellen ($\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$); daß bei den Neutrophilen keine Unterschiede bestehen, erbrachte schon das Ergebnis der Tabelle IV. 6.5.

6.2. Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild männlicher Schafe

Die Ergebnisse der Varianzanalyse ($\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$) bezüglich der log. Lymphozyten- und log. Neutrophilenzahlen lassen sich in den Tabellen IV. 6.6. und IV. 6.7. nachlesen: Rassspezifische Differenzen lassen sich bei den männlichen Schafen nicht nachweisen.

Bei den männlichen Merinoschafen fehlt der fünfte Lebensmonat, stattdessen existiert der 4,5. Monat, welcher als 4. Monat gewertet wird. Wegen des nun fehlenden 5. Monats wird der 6. Monat berücksichtigt. Auf einen Vergleich der Leukozytenzahlen auf rassebedingte Unterschiede wird verzichtet.

-
- 1) Dieser Begriff wird zusammenfassend für folgende Bestandteile des weißen Blutbildes verwendet, nämlich für die Leukozyten, Lymphozyten und Neutrophile.
 - 2) Zur Methode, s. Kap. III.2.12.
 - 3) Auf eine Wiedergabe der Tabellen wird aus Gründen der Platzersparnis verzichtet

6.3. Geschlechtsgebundene Unterschiede

Da hierbei lediglich zwei Mittelwerte eines zu untersuchenden Blutparameters verglichen werden müssen, wird der t-Test¹⁾ eingesetzt, die Varianzgleichheit wird zuvor mit dem Varianzquotienten-Test²⁾ ($\alpha = 0,05$) überprüft:

Bei Merino- und Texelschafen lassen sich keine geschlechtsbedingten Unterschiede im ersten Lebensabschnitt bezüglich aller drei Blutfraktionen feststellen ($\alpha = 0,01$). Bei den Milchschaften gibt es geschlechtsbedingte Unterschiede zum Zeitpunkt des ersten Monats bei den log. Lymphozyten ($\alpha = 0,05$) und bei den log. Neutrophilenzahlen ($\alpha = 0,01$) zum Zeitpunkt des zweiten Monats.

Anzumerken bleibt, daß bei der Untersuchung auf geschlechtsgebundene Unterschiede bei den weißen Blutzellen nicht immer eine Varianzgleichheit gegeben war, deshalb mußte statt des t-Testes der Welch-Test³⁾ durchgeführt werden:

Bei den Texelschafen am 0. und 3. Monat für die log. Neutrophilen und bei den Milchschaften sowohl am 5. Monat für die log. Leukozyten als auch am 3. und 5. Monat für die log. Neutrophilen.

Tabelle IV. 6.6.: Vergleiche der Mittelwerte des ersten Lebensabschnittes der log. Lymphozyten der männlichen Schafe mit Hilfe der Varianzanalyse

Zeitpunkt	F	F(0,01)	F(0,05)	Freiheitsgrade
0. Monat	1,26	4,98	3,15	$v_1=2; v_2=73$
1. Monat	0,44	5,93	3,52	$v_1=2; v_2=19$
2. Monat	0,83	5,39	3,32	$v_1=2; v_2=30$
3. Monat	0,13	5,93	3,52	$v_1=2; v_2=19$
4. Monat	0,64	6,93	3,89	$v_1=2; v_2=12$
6. Monat	0,89	6,93	3,89	$v_1=2; v_2=12$

1), 2) und 3) Auf eine Wiedergabe der Tabellen wird aus Gründen der Platzersparnis verzichtet

Tabelle IV. 6.7.: Vergleich der Mittelwerte des ersten Lebensabschnittes der log. *Neutrophilen* der *männlichen* Schafe mit Hilfe der Varianzanalyse

Zeitpunkt	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	Freiheitsgrade
0. Monat	0,05	4,98	3,15	$v_1=2; v_2=73$
1. Monat	0,30	5,93	3,52	$v_1=2; v_2=19$
2. Monat	1,24	5,39	3,32	$v_1=2; v_2=30$
3. Monat	2,20	5,93	3,52	$v_1=2; v_2=19$
4. Monat	0,41	6,93	3,89	$v_1=2; v_2=12$
6. Monat	0,41	6,93	3,89	$v_1=2; v_2=12$

6.4. Rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild bei männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafen

Nachdem im ersten Lebensabschnitt rassebedingte Unterschiede bei den weißen Blutzellen auf die Milchschafe zurückgeführt und auch geschlechtsgebundene Unterschiede bez. des weißen Blutbildes nur bei diesen nachgewiesen werden konnten, wird nun untersucht, ob die Merino- und Texelschafe sich während des ersten Lebensabschnittes hämatologisch einheitlich behandeln lassen. Dazu werden die Mittelwerte der männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafe der Varianzanalyse unterworfen. Es werden also zu einem bestimmten Zeitpunkt vier Mittelwerte auf Gleichheit untersucht.

Die Gleichheit der Varianzen wird vorausgesetzt. In Tabelle IV.6.8. ist das Ergebnis für die log. Lymphozyten dargestellt. Auch bei den Mittelwerten der log. Leukozyten und log. Neutrophilen lassen sich keine Unterschiede bez. des weißen Blutbildes nachweisen: Merino- und Texelschafe lassen sich also unabhängig von Rasse und Geschlecht während des ersten Lebens-

abschnitts hämatologisch einheitlich behandeln.

Es gibt für den 5. Monat deshalb nur $v_1 = 2$ Freiheitsgrade, weil bei den männlichen Merinoschafen statt der Beobachtungspunkte 4. und 5. Monat nur ein Beobachtungspunkt 4,5. Monat vorliegt, welcher dem Vergleich vom 4. Monat zugeordnet wurde.

Tabelle IV.6.8.: Vergleich der Mittelwerte des ersten Lebensabschnitts der log. *Lymphozyten* der männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafe mit Hilfe der Varianzanalyse

Zeitpunkt	$\hat{F}$	F(0,01)	F(0,05)	Freiheitsgrade
0. Monat	0,86	3,78	2,68	$v_1=3; v_2=113$
0,5. Monat	1,10	4,87	3,07	$v_1=3; v_2=21$
1. Monat	1,53	4,54	2,94	$v_1=3; v_2=29$
2. Monat	1,90	4,31	2,84	$v_1=3; v_2=43$
3. Monat	0,21	4,31	2,84	$v_1=3; v_2=42$
4. Monat	0,65	4,72	3,01	$v_1=3; v_2=24$
5. Monat	0,42	5,93	3,52	$v_1=2; v_2=19$

7. Berechnung linearer Regressionsgeraden auf der Grundlage der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei Schafen ab dem 6. Lebensmonat

Nach den Überlegungen in Kapitel IV.4. lassen sich durch die Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen ab dem 6. Lebensmonat ("zweiter Lebensabschnitt") Ausgleichsgeraden legen. Eine solche Ausgleichsgerade kann mathematisch als lineare Regressionsgerade¹⁾ beschrieben werden. Ein Punkt auf einer solchen Geraden ist dann eine Schätzung für einen Stichprobenmittelwert zu einem bestimmten Zeitpunkt. Mit Hilfe des linearen Regressionsmodells können Untersuchungen über eine Altersabhängigkeit der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen sowie Vergleiche im Hinblick auf rasse- bzw. geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild der Schafe durchgeführt werden.

7.1. Die Gleichungen der Regressionsgeraden

Im folgenden werden die Gleichungen der im logarithmischen System berechneten Regressionsgeraden für gruppierte Daten aufgeführt und geprüft, ob die Linearität der Geraden gegeben ist, d.h. ob das lineare Regressionsmodell überhaupt zulässig ist (s. Tab. IV.7.1. - IV.7.4.). Abweichungen von der Nullhypothese ("es spricht nichts gegen eine lineare Regression") werden in den Tabellen durch ein Kreuz gekennzeichnet.

1) Vgl. Kap. III.2.7

Anzumerken bleibt, daß die Regressionsgeraden ohne Ausreißer (A), definiert nach DIXON, berechnet wurden:

A = 4,2175 in der 55.-57. Monatsgruppe der log. Leukozyten und

A = 4,1313 in der 55.-57. Monatsgruppe der log. Lymphozyten
der weiblichen Merinoschafe

A = 4,2430 in der 7.- 9. Monatgruppe der log. Leukozyten
der männlichen Merinoschafe

A = 4,2304 in der 31.-33. Monatsgruppe der log. Leukozyten
der weiblichen Milchschafe

Tabelle IV.7.1.1:

Gleichungen der linearen Regressionsgeraden der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei weiblichen Schafen verschiedener Rassen inkl. Lammungsdaten

k : Anzahl der Monatsgruppenmittelwerte
N : Gesamtzahl aller Beobachtungspunkte

Rasse	Blutbestandteile	Zeitraum	k	N	Geradengleichung
Merino- schafe	log. Leukozyten	6.-80. Monat	26	241	$y = -0,001169x + 3,84$
	log. Lymphozyten				$y = -0,00292x + 3,73$
	log. Neutrophile			242	$y = +0,00333x + 3,02$
Texel- schafe	log. Leukozyten	6.-62. Monat	20	183	$y = -0,001114x + 3,90$
	log. Lymphozyten				$y = -0,002290x + 3,78$
	log. Neutrophile				$y = +0,000283x + 3,16$
Milch- schafe	log. Leukozyten	6.-41. Monat	13	53	$y = +0,000725x + 3,86$
	log. Lymphozyten			54	$y = -0,000862x + 3,73$
	log. Neutrophile			54	$y = +0,002637x + 3,16$

Tabelle IV.7.2.:

Gleichungen der linearen Regressionsgeraden der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei weiblichen Schafen verschiedener Rassen ohne Lammungsdaten

k : Anzahl der Monatsgruppenmittelwerte

N : Gesamtzahl aller Beobachtungspunkte

Rasse	Blutbestandteile	Zeitraum	k	N	Geradengleichung
Merino- schafe	log. Leukozyten	6.-80.Monat	26	208	$y = -0,001009 x + 3,83$
	log. Lymphozyten				$y = -0,002626 x + 3,74$
	log. Neutrophile				$y = +0,003302 x + 2,97$
Texel- schafe	log. Leukozyten	6.-62.Monat	20	164	$y = -0,001317 x + 3,90$
	log. Lymphozyten				$y = -0,001591 x + 3,77$
	log. Neutrophile				$y = -0,001772 x + 3,17$
Milch- schafe	log. Leukozyten	6.-41.Monat (ohne 22.-24. und 31.-33. Monatsgruppe)	11	45	$y = +0,0003466 x + 3,87$
	log. Lymphozyten				$y = -0,00009349 x + 3,74$
	log. Neutrophile				$y = -0,0001274 x + 3,17$

Tabelle IV.7.3.:

Gleichungen der linearen Regressionsgeraden der Mittelwerte der logarithmierten Zahlen der weißen Blutzellen weiblicher Schwarzkopfschafe für den Zeitraum vom 12.-72 Lebensmonat

k : Anzahl der Monatsgruppenmittelwerte

N : Gesamtzahl der Beobachtungspunkte

Blutfraktion	k	N	Geradengleichung
log. Leukozyten	6	394	$y = -0,001152x + 3,90$
log. Lymphozyten			$y = -0,001957x + 3,76$
log. Neutrophile			$y = +0,00026x + 3,24$

Tabelle IV.7.4.:

Gleichungen der linearen Regressionsgeraden der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen Schafen verschiedener Rassen

k : Anzahl der Monatsgruppenmittelwerte

N : Gesamtzahl der Beobachtungspunkte

* : Signifikanz bei Linearitätstest für $\alpha = 0,05$ und $\alpha = 0,10$

Rasse	Blutbestandteile	Zeitraum	k	N	Geradengleichung
Merino- schafe	log. Leukozyten *	6.-26. Monat	7	47	$y = +0,001157x + 3,83$
	log. Lymphozyten		7	48	$y = +0,001189x + 3,70$
	log. Neutrophile		7	48	$y = -0,001302x + 3,08$
Texel- schafe	log. Leukozyten	6.-26. Monat	7	34	$y = +0,000433x + 3,86$
	log. Lymphozyten				$y = +0,002521x + 3,69$
	log. Neutrophile				$y = -0,00218x + 3,20$
Milch- schafe	log. Leukozyten	6.-35. Monat	9	38	$y = -0,002986x + 3,95$
	log. Lymphozyten				$y = -0,004399x + 3,88$
	log. Neutrophile				$y = -0,001131x + 3,06$

7.2. Prüfung der Linearität der Regressionsgeraden

Der Linearitätstest (vgl. Kap. III.2.8.) wurde für die Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha = 0,01$, $\alpha = 0,05$ und $\alpha = 0,10$ durchgeführt: Alle Regressionsgeraden waren bezogen auf diese drei Irrtumswahrscheinlichkeiten mit der Linearitätshypothese¹⁾ verträglich, lediglich bei jener der log. Leukozyten männlicher Merinoschafe mußte die Linearitätshypothese für $\alpha = 0,05$ und $\alpha = 0,10$ abgelehnt werden.

7.3. Einfluß der Geburt auf das weiße Blutbild

Am Tage der Geburt kommt es zu erheblichen Blutbildveränderungen: Die Geburt ist verbunden mit einer Leukozytose, Lymphopenie und Neutrophilie. Das dieser Arbeit zugrundeliegende Datenmaterial beinhaltet auch Differentialblutbilder von Mutterschafen am Tage der Geburt. Bei der Durchsicht von Tabelle A.3. wird deutlich, daß eine Leukozytose und Lymphopenie nicht bei allen lammenden Schafen festzustellen ist. Wenn sie aber auftritt, scheint dieser Effekt relativ stark ausgeprägt zu sein. Die erwähnte Neutrophilie hingegen findet sich offensichtlich bei allen lammenden Schafen.

Bei der Sichtung des Datenmaterials der untersuchten Muttertiere fällt darüber hinaus auf, daß Geburten hauptsächlich im späteren Lebensalter auftreten. Im Hinblick auf die Bedeutung von möglichen Blutbildveränderungen post partum hat diese Feststellung eine gewisse Bedeutung, denn:

- a) der Stichprobenumfang pro Altersgruppe nimmt mit steigendem Alter ab,

1) Auf eine Wiedergabe der Tabellen wird aus Gründen der Platzersparnis verzichtet.

- b) in höheren Altersgruppen steigt somit der prozentuale Anteil der lammenden Schafe.

Diese Gegebenheiten erlauben folgende Überlegung: Da infolge der zum Teil geringen Stichprobenumfänge in den höheren Altersgruppen der Anteil lammender Schafe relativ hoch ist, müssen die oben beschriebenen Effekte einer Leukozytose, Lymphopenie und Neutrophilie recht deutlich zutage treten.

Um dies nachzuweisen, werden die Mittelwerte der drei Blutfraktionen zum einen mit den Lammungsdaten und zum anderen ohne diese errechnet und durch eine lineare Regressionsgerade beschrieben, so daß man für jede Blutfraktion zwei Regressionsgeraden erhält: eine, bei der die Lammungsdaten berücksichtigt worden sind und eine zweite, bei der dies nicht geschehen ist. Die Gleichungen dieser Geraden sind in Tab. IV.7.1 und Tab. IV.7.2. aufgeführt.

Es gelten folgende Überlegungen für die

- Leukozytenzahlen:

1. Hat die Regressionsgerade, welche *mit* den Lammungsdaten berechnet wurde, eine negative Steigung, so muß die Regressionsgerade, welche *ohne* die Lammungsdaten errechnet worden ist, dem Betrage nach eine größere Steigung aufweisen und im Koordinatensystem unter derjenigen Regressionsgeraden liegen, die *mit* den Lammungsdaten errechnet worden ist.
2. Weist die *mit* den Lammungsdaten berechnete Regressionsgerade eine positive Steigung auf, so muß die Regressionsgerade, welche *ohne* Lammungsdaten berechnet worden ist, im Koordinatensystem unter der erstgenannten Regressionsgeraden liegen und auch dem Betrage nach eine eher geringere Steigung aufweisen (sofern sie nicht negativ wird und dann betragsmäßig auch eine größere Steigung aufweisen kann).

- Lymphozytenzahlen:

1. Hat die Regressionsgerade *mit* Lammungsdaten eine negative Steigung, so muß die Regressionsgerade *ohne* Lammungsdaten im Koordinatensystem über der erstgenannten liegen und dem Betrage nach die kleinere Steigung aufweisen (es sei denn, sie würde positiv).
2. Wenn die Regressionsgerade, welche die Geburtseinflüsse berücksichtigt, eine positive Steigung aufweisen sollte, muß die Regressionsgerade *ohne* Lammungsdaten im Koordinatensystem über der erstgenannten Regressionsgeraden liegen und die größere positive Steigung aufweisen.

- Neutrophilenzahlen:

Hier liegen die entsprechenden Verhältnisse wie bei den Leukozyten vor.

Anhand der Geradengleichungen aus den Tabellen IV.7.1. und IV.7.2. lassen sich diese Überlegungen bestätigen. Eine Ausnahme bilden die Leukozyten der weiblichen Merinoschafe: Die Regressionsgerade mit den Lammungsdaten hat eine größere Steigung als die Regressionsgerade ohne Lammungsdaten.

Es interessiert nun die Frage, ob die festgestellten Abweichungen zwischen den Regressionsgeraden sich auch durch einen statistischen Test als signifikante Unterschiede erhärten lassen. Es wird deshalb die Regressionsgerade mit Lammungsdaten mit jener Regressionsgeraden ohne Lammungsdaten verglichen (s. Tab. IV.7.5. und Kap. III.2.9.): Keiner der durchgeführten Vergleiche ergab eine statistische Signifikanz. Die durch die Lammungsdaten hervorgerufenen Blutbildveränderungen haben scheinbar keinen Einfluß auf das Blutbild der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen des vorliegenden Datenmaterials. Es ist jedoch anzumerken, daß dieser Signifikanztest (Vergleich

zweier Regressionsgeraden) strenggenommen nur dann gilt, wenn unabhängige Stichproben vorliegen, eine Bedingung, die bei der Struktur dieses Datenmaterials jedoch nicht erfüllt werden kann. Der Signifikanztest gibt aber einen Hinweis darauf, daß Leukozytose, Lymphopenie und Neutrophilie, verursacht durch eine Geburt, nicht in der Lage sind, die Mittelwerte der Altersgruppen derart zu beeinflussen, daß die beiden Regressionsgeraden stark divergieren.

Tabelle IV.7.5.: Vergleich der Regressionsgeraden mit und ohne Lammungsdaten

- $\hat{F}$: Testquotient (Signifikanz liegt vor, wenn $\hat{F} > F$)
 $F(0,01)$: Prüfquotient bezüglich einer 1%igen Irrtumswahrscheinlichkeit
 $F(0,05)$: Prüfquotient bezüglich einer 5%igen Irrtumswahrscheinlichkeit

Rasse	Blutfraction	$\hat{F}$	$F(0,01)$	$F(0,05)$	Freiheitsgrade
Merinoschafe	log. Leukozyten	0,09	4,61	3,00	$v_1=2, v_2=445$
	log. Lymphozyten	0,85	4,61	3,00	$v_1=2, v_2=445$
	log. Neutrophile	0,91	4,61	3,00	$v_1=2, v_2=4,47$
Texelschafe	log. Leukozyten	0,49	4,61	3,00	$v_1=2, v_2=343$
	log. Lymphozyten	0,53	4,61	3,00	$v_1=2, v_2=343$
	log. Neutrophile	0,83	4,61	3,00	$v_1=2, v_2=343$
Milchschafe	log. Leukozyten	1,39	4,79	3,07	$v_1=2, v_2=94$
	log. Lymphozyten	0,17	4,79	3,07	$v_1=2, v_2=95$
	log. Neutrophile	0,34	4,79	3,07	$v_1=2, v_2=95$

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Einfluß der Geburt auf das weiße Blutbild weiterverfolgt.

8. Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei Schafen auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden

Bei dieser Problemstellung werden die Steigungen der Regressionsgeraden gegen Null geprüft (t-Test für gruppierte Daten, s. Kap. III.2.11.).

Die nachstehenden Tabellen IV.8.1. und IV.8.3. müssen wie folgt erläutert werden:

Übersteigt der errechnete Testquotient t den Tabellenwert t für die Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha = 0,01$ (++) und $\alpha = 0,05$ (+), so ist das Testergebnis signifikant, und es liegt eine echte Steigung vor, d.h. sie ist nicht nur zufällig von Null verschieden. Dem Vorzeichen der in den Tabellen bezeichneten Steigung b ist zu entnehmen, ob die Mittelwerte - beschrieben durch das lineare Regressionsmodell - der einzelnen Blutfraktionen mit zunehmendem Alter abfallen (negatives Vorzeichen von b) oder ansteigen (positives Vorzeichen von b).

Weiterhin gilt:

- b ist die Steigung der Regressionsgerade
- s_b ist der Standardfehler von b
- $t(0,01)$ und $t(0,05)$ sind die Tabellenwerte bezogen auf die Irrtumswahrscheinlichkeiten $\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$

8.1. Weibliche Schafe

Zunächst wird das Verhalten der Mittelwerte der logarithmierten Zahlen der weißen Blutzellen weiblicher Schafe in bezug auf eine Altersabhängigkeit auch unter Berücksichtigung der Geburtseinflüsse untersucht; beim Ergebnis in Tabelle IV.8.1. soll ein Aspekt noch besonders hervorgehoben werden: Die mittleren Leukozytenzahlen der Merinoschafe weisen nach Eliminierung der Lammungsdaten eine geringere negative Steigung auf (vgl. Tab. IV.8.1.a)-Klammerwert), obwohl eigentlich ein noch stärkerer Abfall derselben zu erwarten gewesen wäre, weil die Werte, welche eine Leukozytose verursachen, nicht mehr berücksichtigt werden. Da die Zeitintervalle nicht verändert worden sind, sondern nur die Stichprobenumfänge, kann dies nur folgendes bedeuten:

- a) Bei den Merinoschafen ist der Effekt einer Leukozytose infolge einer Geburt nicht vorhanden und/oder
- b) die Reduktion der Stichprobenumfänge führt zu einer schwächeren Ausprägung der negativen Steigung.

Bis auf diese Ausnahme kann die mit einer Geburt verbundene Leukozytose, Lymphopenie und Neutrophilie - die statistische Signifikanz wird außer acht gelassen - bei den Merino-, Texel- und Milchschaften nachgewiesen und so das in Kap. IV.7.3. Gesagte bestätigt werden.

Der Einfluß der Geburt auf den Verlauf der Regressionsgerade kann auch dadurch sichtbar gemacht werden, daß der Differenzbetrag der Regressionskoeffizienten, die einmal mit und einmal ohne Lammungsdaten berechnet werden, in Tabelle IV.8.2. dargestellt wird; es zeigt sich, daß die Neutrophilie bei den Texel- und Milchschaften am stärksten ausgeprägt ist, bei den Merinoschafen jedoch die Lymphopenie. Dies kann auch als Erklärung dafür dienen, daß bei den Merinoschafen die Leukozytose derart schwach bzw. gar nicht entwickelt ist, zumal schon die Neutrophilie nur schwach ausgeprägt ist, wie der ausbleibende Vorzeichenwechsel der Steigung zeigt (s. auch Tab. IV.8.1.a).

Folgende Anmerkung muß noch zu Tab. IV.8.1.d) ge-

macht werden:

Die mittleren Leukozyten- und Lymphozytenzahlen der Schwarzkopfschafe (HÜBNER, 1971), bei denen Lammungsdaten nicht bekannt sind, zeigen recht deutlich eine Abhängigkeit vom Alter der Schafe; sie nehmen im höheren Alter ab, die mittleren Neutrophilenzahlen hingegen sind altersunabhängig.

8.2. Männliche Schafe

In Tab. IV.8.3. sind die Steigungsverhältnisse der Regressionsgeraden bei den männlichen Schafen wiedergegeben. Bei den Regressionsgeraden aller drei Rassen kann keine signifikante Steigung nachgewiesen werden, d.h. die mittleren Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen zeigen keine Altersabhängigkeit. Zu beachten ist, daß die Beobachtungszeiträume einen wesentlich geringeren Umfang haben, als die der weiblichen Tiere.

Tabelle IV.8.1.a): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei weiblichen Merinoschafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten t gegen Null

Die Klammerwerte bezeichnen die jeweiligen Größen ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten.
Zeitraum: 6.-80 Monat

Blutfraktion/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,601	$t(0,05)$ =1,972
log. Leukozyten b=-0,001169 (b=-0,001009)	0,0003823 (0,0004149)	3,058 (2,432)	++ (-)	+ (+)
log. Lymphozyten b=-0,00292 (b=-0,002626)	0,0004786 (0,0004752)	6,102 (5,526)	++ (++)	+ (+)
log. Neutrophile b=+0,00333 (b=+0,003302)	0,001023 (0,001072)	3,255 (3,081)	++ (++)	+ (+)

Tabelle IV.8.1.b): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei weiblichen Texelschafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten $\hat{t}$ gegen Null

Die Klammerwerte bezeichnen die jeweiligen Größen ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten
Zeitraum: 6.- 62. Monat

Blutfraction/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,601	$t(0,05)$ =1,972
log.Leukozyten b=-0,001114 (b=-0,001317)	0,000651 (0,000724)	1,712 (1,819)	- (-)	- (-)
log.Lymphozyten b=-0,00229 (b=-0,001591)	0,000746 (0,000778)	3,071 (2,044)	++ (-)	++ (+)
log.Neutrophile b=+0,000283 (b=-0,001772)	0,001584 (0,001637)	0,179 (1,082)	- (-)	- (-)

Tabelle IV.8.1.c): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei weiblichen Milchschaafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten $\hat{t}$ gegen Null

Die Klammerwerte bezeichnen die jeweiligen Größen ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten
Zeitraum: 6.-41. Monat

Blutfraction/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,668	$t(0,05)$ =2,004
log.Leukozyten b=+0,000725 (b=+0,0003466)	0,001861 (0,002064)	0,390 (0,168)	- (-)	- (-)
log.Lymphozyten b=-0,000862 (b=-0,000093)	0,002743 (0,002623)	0,314 (0,036)	- (-)	- (-)
log.Neutrophile b=+0,002637 (b=-0,0001274)	0,004638 (0,004531)	0,569 (0,028)	- (-)	- (-)

Tabelle IV.8.1.d): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei weiblichen Schwarzkopfschafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten $\hat{t}$ gegen Null

Zeitraum: 12.-72 Monat

Blutfraktion/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,586	$t(0,05)$ =1,965
log.Leukozyten $b=-0,001152$	0,000283	4,072	++	+
log.Lymphozyten $b=-0,001957$	0,000311	6,300	++	+
log.Neutrophile $b=+0,00026$	0,000466	0,558	-	-

Tabelle IV.8.2.: Betrag der Differenzen der Regressionskoeffizienten mit bzw. ohne Lammungsdaten

Rasse	Leukozyten	Lymphozyten	Neutrophile
Merino	0,00016	0,000294	0,000028
Texel	0,000203	0,000699	0,001489
Milchschafe	0,0003784	0,000769	0,0025096

Tabelle IV.8.3.a): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen Merinoschafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten t gegen Null

Zeitraum: 6.-26 Monat

Blutfraction/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,685	$t(0,05)$ =2,012
log.Leukozyten $b=+0,001157$	0,002482	0,466	-	-
log.Lymphozyten $b=+0,001189$	0,003850	0,309	-	-
log.Neutrophile $b=-0,001302$	0,010783	0,121	-	-

Tabelle IV.8.3.b): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen Texelschafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten t gegen Null

Zeitraum 6.-26 Monat

Blutfraction/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,728	$t(0,05)$ =2,032
log.Leukozyten $b=+0,000433$	0,004554	0,095	-	-
log.Lymphozyten $b=+0,002521$	0,005017	0,502	-	-
log.Neutrophile $b=-0,00218$	0,011021	0,198	-	-

Tabelle IV.8.3.c): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen Milchschaafen im zweiten Lebensabschnitt auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der linearen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten $\hat{t}$ gegen Null

Zeitraum: 6.-35. Monat

Blutfraktion/ Steigung b	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,712	$t(0,05)$ =2,024
log.Leukozyten b=-0,002986	0,003600	0,829	-	-
log.Lymphozyten b=-0,004399	0,003647	1,206	-	-
log.Neutrophile b=-0,001131	0,007124	0,159	-	-

9. Rasse- und geschlechtsgebundene Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen im zweiten Lebensabschnitt

9.1. Untersuchung auf rassebedingte Blutbildunterschiede bei Schafen gleichen Geschlechts

a) weibliche Schafe

Es werden jeweils die Regressionsgeraden der logarithmierten (log.) Leukozyten- (1), der log. Lymphozyten- (2) und der log. Neutrophilenzahlen (3) verschiedener Rassen verglichen. Die Regressionsgeraden erstrecken sich über folgende Zeiträume:

Merinoschafe:	6. - 80. Monat
Texelschafe:	6. - 62. Monat
Milchschafe:	6. - 41. Monat
HÜBNER'S Schwarzkopfschafe:	12. - 72. Monat

Die für den Vergleich gewählten Irrtumswahrscheinlichkeiten betragen $\alpha = 0,01$ (+++), $\alpha = 0,05$ (++) und $\alpha = 0,10$ (+). Ergibt sich Signifikanz, d.h. ist die berechnete Testgröße $\hat{F}$ größer als der Tabellenwert F , so liegt keine Gleichheit der Regressionsgeraden vor, d.h. daß rassebedingte Unterschiede zwischen einzelnen Blutparametern existieren. Um auch die Einflüsse der Geburt zu verdeutlichen, werden die Vergleiche einmal mit den Lammungsdaten (s. Tab. IV.9.1.a) und einmal ohne diese (s. Tab. IV.9.1.b) vorgenommen, wobei sich zeigt, daß sich die Einflüsse der Lammungsdaten lediglich bei den Neutrophilenzahlen bemerkbar machen. Lammungsdaten scheinen somit eher die Neutrophilenwerte zu beeinflussen als die Leukozyten- und Lymphozytenwerte.

Tabelle IV.9.1.a): Untersuchung auf rassebedingte Unterschiede im weißen Blutbild weiblicher Schafe verschiedener Rassen mit Hilfe eines Vergleichs linearer Regressionsgeraden; mit Lammungsdaten

Nr.	Rasse	Freiheitsgrade ¹⁾	Signifikanz ²⁾ bei			Rassenunterschiede
			(1)	(2)	(3)	
1	Merino Texel Milchschafe	$v_1=4$ $v_2=471$	+++	+++	+++	ja
2	Merino Texel Milchschafe Schwarzkopf	$v_1=6$ $v_2=863$	+++	+++	+++	ja
3	Texel Milchschafe Schwarzkopf	$v_1=4$ $v_2=624$	-	-	+	nein, nur für $\alpha=0,10$ bez. der log. Neutrophilen
4	Merino Texel Schwarzkopf	$v_1=4$ $v_2=812$	/	+++	+++	ja
5	Merino Texel	$v_1=2$ $v_2=420$	+++	+++	-	kein Unterschied bez. (3)
6	Merino Schwarzkopf	$v_1=2$ $v_2=631$	+++	/	/	ja
7	Texel Schwarzkopf	$v_1=2$ $v_2=573$	/	-	+++	ja, bez. der log. Neutrophilen

- 1) $v_1 = 2k-2$; k : Anzahl der zu vergleichenden Regressionsgeraden
 $v_2 = n..-2k$; $n..$: Gesamtzahl der y-Werte aller k Regressionsgeraden

- 2) (1): Regressionsgerade der log. Leukozytenzahlen
(2): Regressionsgerade der log. Lymphozytenzahlen
(3): Regressionsgerade der log. Neutrophilenzahlen

Tabelle IV.9.1.b): Untersuchung auf rassebedingte Unterschiede im weißen Blutbild weiblicher Schafe verschiedener Rassen mit Hilfe eines Vergleichs linearer Regressionsgeraden; ohne Lammungsdaten

Nr.	Rasse	Freiheitsgrade ¹⁾	Signifikanz ²⁾ bei			Rassenunterschiede
			(1)	(2)	(3)	
1	Merino Texel Milchschafe	$v_1=4$ $v_2=411$	+++	+++	+++	ja
2	Merino Texel Milchschafe Schwarzkopf	$v_1=6$ $v_2=803$	+++	+++	+++	ja
3	Texel Milchschaf Schwarzkopf	$v_1=4$ $v_2=597$	-	-	+++	ja, bez. der log. Neu- trophilen
4	Merino Texel Schwarzkopf	$v_1=4$ $v_2=760$	/	+++	+++	ja
5	Merino Texel	$v_1=2$ $v_2=368$	+++	+++	+++	ja s. Tab. IV.7.5.a)Nr.5
6	Merino Schwarzkopf	$v_1=2$ $v_2=598$	+++	/	/	ja
7	Texel Schwarzkopf	$v_1=2$ $v_2=554$	/	-	+++	ja, bez. der log. Neutrophilen

- 1) $v_1 = 2k-2$; k : Anzahl der zu vergleichenden Regressionsgeraden
 $v_2 = n..-2k$; $n..$: Gesamtzahl der y-Werte aller k Regressionsgeraden

- 2) (1): Regressionsgerade der log. Leukozytenzahlen
 (2): Regressionsgerade der log. Lymphozytenzahlen
 (3): Regressionsgerade der log. Neutrophilenzahlen

b) männliche Schafe

Die Freiheitsgrade betragen für die log. Leukozyten:

$v_1 = 4$, $v_2 = 113$, für die log. Lymphozyten: $v_1 = 4$,
 $v_2 = 113$ und für die log. Neutrophilen: $v_1 = 4$, $v_2 = 114$.

Die beobachteten Zeiträume sind bei den Merinoschafen der 6.-26. Monat, bei den Texelschafen ebenfalls der 6.-26. Monat und bei den Milchschaften der 6.-35. Monat.

Die Vergleiche¹⁾ ergeben, daß sich lediglich bei den log. Lymphozytenzahlen Unterschiede zwischen den Rassen auf dem 10%-Niveau nachweisen lassen; diese nur schwach ausgeprägte Signifikanz läßt sich möglicherweise auf die geringe Anzahl der Altersgruppen zurückführen.

9.2. Geschlechtsbedingte Unterschiede

Es werden für die Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher Schafe Regressionsgeraden berechnet und mit entsprechenden Regressionsgeraden weiblicher Schafe zur Feststellung geschlechtsbedingter Unterschiede bez. des weißen Blutbildes miteinander verglichen. Die der Berechnung zugrundeliegenden Mittelwerte gehören folgenden Zeiträumen an:

weibliche Merinoschafe:	6. - 80. Monat
männliche Merinoschafe:	6. - 26. Monat
weibliche Texelschafe:	6. - 62. Monat
männliche Texelschafe:	6. - 26. Monat
weibliche Milchschafe:	6. - 41. Monat
männliche Milchschafe:	6. - 35. Monat

Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen IV.9.2.a) und IV.9.2.b): Unabhängig von den Lammungsdaten lassen sich bei den Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen keine Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Schafen feststellen.

1) Auf eine Wiedergabe der Tabellen wird aus Gründen der Platzersparnis verzichtet.

Tabelle IV.9.2.a): Untersuchung auf geschlechtsbedingte Unterschiede im weißen Blutbild männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse mit Hilfe eines Vergleichs linearer Regressionsgeraden (mit Lammungsdaten bei den weiblichen Tieren)

Nr.	Rasse	Freiheitsgrade *	Signifikanz bei **			Geschlechtsunterschied
			(1)	(2)	(3)	
1	Merino	$v_1=2$ $v_2=285$	-	-	-	nein
2	Texel	$v_1=2$ $v_2=213$	-	-	-	nein
3	Milchschafe	$v_1=2$ $v_2=88$	-	-	-	nein

Tabelle IV.9.2.b): Untersuchung auf geschlechtsbedingte Unterschiede im weißen Blutbild männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse mit Hilfe eines Vergleichs linearer Regressionsgeraden (ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten)

Nr.	Rasse	Freiheitsgrade *	Signifikanz bei **			Geschlechtsunterschied
			(1)	(2)	(3)	
1	Merino	$v_1=2$ $v_2=251$	-	-	-	nein
2	Texel	$v_1=2$ $v_2=194$	-	-	-	nein
3	Milchschafe	$v_1=2$ $v_2=79$	-	-	-	nein

* $v_1 = 2k-2$; k : Anzahl der zu vergleichenden Regressionsgeraden
 $v_2 = n..-2k$; n.. : Gesamtzahl der y-Werte aller k Regressionsgeraden

** (1): Regressionsgerade der log. Leukozytenzahlen
 (2): Regressionsgerade der log. Lymphozytenzahlen
 (3): Regressionsgerade der log. Neutrophilenzahlen

9.3. Rasse- und geschlechtsbedingte Unterschiede im
weißen Blutbild bei kürzeren Zeitintervallen
(6.-26. Monat) unter Berücksichtigung einer Alters-
abhängigkeit

Da die Altersstruktur männlicher und weiblicher Merino- und Texelschafe doch recht unterschiedlich ist, werden die Beobachtungszeiträume der weiblichen Schafe denen der männlichen angeglichen, um nochmals vergleichende Untersuchungen durchführen zu können. Die Gleichungen der Regressionsgeraden¹⁾ finden sich in Tabelle IV.9.3.

Die Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

1. Beim Vergleich der Mittelwerte der logarithmierten Zahlen der weißen Blutzellen der männlichen mit denen der weiblichen Tiere bei Merino- und Texelschafen ließen sich keine geschlechtsbedingte Differenzen hinsichtlich der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen feststellen²⁾ ($\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$), so daß auf eine Wiedergabe der Tabellen verzichtet wird.
2. Abweichend vom Vergleich Nr. 1 in Tab. IV.9.1.b) kann bei weiblichen Merino-, Texel- und Milchschaften nur dann ein rassebedingter Unterschied bei den Neutrophilenzahlen auf dem 5%-Niveau nachgewiesen werden, wenn kürzere Zeitintervalle zugrunde gelegt werden (s. Tab. IV.9.4.).
3. Im Unterschied zu den Untersuchungen in Kapitel IV.8. sind die Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der weiblichen Merino- bzw. Texelschafe unabhängig vom Alter (s. Tab. IV.9.5.). Die Unabhängigkeit der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen vom Alter der Schafe konnte für diesen Zeitraum bei den männlichen Tieren schon nachgewiesen werden, (vgl. Tab. IV.8.3.).

1) Linearität wird vorausgesetzt.

2) Die Gleichheit zwischen den Geschlechtern bezüglich des weißen Blutbildes wurde bei Milchschaften schon nachgewiesen (vgl. Tab. IV.9.2.). Hierbei waren die Zeitintervalle fast gleich groß.

Tabelle IV.9.3.:

Gleichungen der Regressionsgeraden der weiblichen Merino- und Texelschafe im Zeitraum 6.-26. Monat (ohne Lammungsdaten)

N = Gesamtstichprobenumfang

Rasse	Blutfraction	Geradengleichungen
Merinoschafe (N=83)	log. Leukozyten	$y = -0,0038x + 3,89$
	log. Lymphozyten	$y = -0,0029x + 3,76$
	log. Neutrophile	$y = -0,0064x + 3,11$
Texelschafe (N=98)	log. Leukozyten	$y = +0,0008x + 3,87$
	log. Lymphozyten	$y = +0,0014x + 3,73$
	log. Neutrophile	$y = -0,0026x + 3,19$

Tabelle IV.9.4.:

Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen auf rassebedingte Unterschiede bei weiblichen Schafen mit Hilfe linearer Regressionsgeraden (ohne Lammungsdaten)

Signifikanzschwelle für $\alpha = 0,01$: $F(0,01) = 3,32$

$\alpha = 0,05$: $F(0,05) = 2,37$

Rasse	Zeitraum	Prüfgröße $\hat{F}$ bei		
		(1)	(2)	(3)
Merinoschafe	6.-26. Monat			
Texelschafe	6.-26. Monat	2,34	0,59	2,64 ⁺
Milchschafe*	6.-41. Monat			

(1): Regressionsgerade der log. Leukozytenzahlen

(2): Regressionsgerade der log. Lymphozytenzahlen

(3): Regressionsgerade der log. Neutrophilenzahlen

* Die Gleichung findet sich in Tab. IV.7.2.

Tabelle IV.9.5.: Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen (6.-26. Monat) bei weiblichen Merino- und Texelschafen auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe linearer Regressionsgeraden (ohne Lam-mungsdaten)

b : Steigung

s_b : Standardfehler von b

$\hat{t}$: Prüfquotient

$t(0,01)$ und $t(0,05)$: Signifikanzschwellen für $\alpha = 0,01$ und $\alpha = 0,05$

Rasse	log. Blut-fraktion	$b (s_b)$	$\hat{t}$	$t(0,01)$	$t(0,05)$
Merino-schafe	Leukozyten	-0,0038 (0,0022)	1,720	2,639	1,990
	Lymphozyten	-0,0029 (0,0025)	1,176		
	Neutrophile	-0,0064 (0,0061)	1,057		
Texel-schafe	Leukozyten	+0,0008 (0,0026)	0,330	2,626	1,984
	Lymphozyten	+0,0014 (0,0029)	0,482		
	Neutrophile	-0,0026 (0,0055)	0,465		

10. Berechnung sogenannter geschlechtsunabhängiger
Regressionsgeraden für die Mittelwerte der logarith-
mierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilen-
zahlen männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse
ab dem 6. Lebensmonat

Ausgehend von den Ergebnissen des Kapitels IV.9., in dem keine geschlechtsbedingten Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen im zweiten Lebensabschnitt nachgewiesen werden konnten, werden die logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- bzw. Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Tiere einer jeden Rasse zusammengefaßt und durch eine gemeinsame *geschlechtsunabhängige* Regressionsgerade dargestellt, wobei mögliche Einflüsse der Geburt auf das weiße Blutbild berücksichtigt werden. Anschließend wird untersucht, ob sich mittels dieser neuen Regressionsgeraden auch eine Altersabhängigkeit der weißen Blutzellzahlen feststellen läßt. Durch die Neuordnung der Daten und der dadurch mitbedingten Veränderung der Stichprobenumfänge ist es jedoch möglich, daß neue Ausreißer auftreten und als solche mit Hilfe des Dixon-Tests erkannt werden. Diese Extremwerte werden bei der Berechnung der Regressionsgeraden nicht berücksichtigt, jedoch werden sie in den Tabellen kenntlich gemacht. Bei den Ausreißern handelt es sich mit Ausnahme der Milchschafe um nichtlammende Schafe.

Tabelle IV.10.3. bedarf noch eines Hinweises: Bei den Milchschaften treten drei Tiere mit Leukozytenzahlen über 20.000 auf, ohne daß der Dixon-Test diese Schafe als 'Ausreißer' ausweist. Da aber mit Hilfe der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden die endgültigen Referenzbereiche erstellt werden, werden diese drei Werte aus der Leukozyten- und Lymphozytenfraktion gestrichen. (Eine ausführlichere Begründung wird in der Diskussion gegeben.)

Es handelt sich um folgende männliche Milchschafe:

Nr. 401 des 7.-9. Monats:	32900 Leukozyten und 29610 Lymphozyten
Nr. 708 des 7.-9. Monats:	23000 Leukozyten und 19780 Lymphozyten
Nr. 335 des 13.-15. Monats:	21000 Leukozyten und 17640 Lymphozyten.

10.1. Die Gleichungen der sogenannten geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden für die Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen und der Einfluß von Lammungsdaten auf deren Verlauf

In den Tabellen IV.10.1. bis IV.10.3. sind die Gleichungen der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden wiedergegeben. In Tabelle IV.10.4. ist unter Berücksichtigung aller Rassen (auch HÜBNERs Schwarzkopfschafe) die gemeinsame lineare Regressionsgerade der logarithmierten Lymphozytenzahlen dargestellt. Diese Gerade ist die Grundlage für die spätere Berechnung des rassenunabhängigen Leukoseschlüssels.

Da sich die Altersgruppen der Schwarzkopfschafe nicht mit denen der Merino-, Texel- und Milchschafe decken, bleibt es beim Ausschluß der bisherigen Extremwerte.

Tabelle IV.10.1.a): Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Merinoschafe durch eine geschlechtsunabhängige Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.-80. Monats; mit Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

A₁ und A₂ : Ausreißer gemäß Dixon-Test

Blutfraktion	N;k	Gleichung der linearen Regression
log.Leukozyten	N=288 k=26	$y = -0,001236x + 3,85$ ohne A ₁ =4,2430 des 7.-9. Monats, männl. ohne A ₂ =4,2175 des 55.-57. Monats, weibl
log.Lymphozyten	N=289 k=26	$y = -0,002954x + 3,74$ 1) ohne A ₁ =4,1313 des 55.-57. Monats, weibl
log.Neutrophile	N=290 k=26	$y = +0,003212x + 3,02$

Tabelle IV.10.1.b): Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Merinoschafe durch eine geschlechtsunabhängige Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.-80. Monats; ohne Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

A₁ und A₂ : Ausreißer gemäß Dixon-Test

Blutfraktion	N;k	Gleichung der linearen Regression
log. Leukozyten	N=255 k=26	$y = -0,001143x + 3,84$ ohne A ₁ =4,243 des 7.-9. Monats, männl. 1) ohne A ₂ =4,2175 des 55.-57. Monats, weibl.
log. Lymphozyten	N=256 k=26	$y = -0,002579x + 3,74$ 1) ohne A ₁ =4,1313 des 55.-57. Monats, weibl.
log. Neutrophile	N=257 k=26	$y = +0,002836x + 3,00$

Tabelle IV.10.2.a): Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Texelschafe durch eine geschlechtsunabhängige Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.-62. Monats; mit Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

Blutfraktion	N;k	Gleichung der Regressionsgeraden
log. Leukozyten	N=217 k=20	$y = -0,00096x + 3,89$
log. Lymphozyten	N=217 k=20	$y = -0,002004x + 3,77$
log. Neutrophile	N=217 k=20	$y = +0,000192x + 3,16$

Tabelle IV.10.2.b): Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Texelschafe durch eine geschlechtsunabhängige Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.- 62. Monats; ohne Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

Blutfraktion	N;k	Gleichung der Regressionsgeraden
log. Leukozyten	N=198 k=20	$y = -0,001163x + 3,89$
log. Lymphozyten	N=198 k=20	$y = -0,00127x + 3,76$
log. Neutrophile	N=198 k=20	$y = -0,001917x + 3,18$

Tabelle IV.10.3.a): Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Milchschafe durch eine geschlechtsunabhängige Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.-41. Monats; mit Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

A₁ : Ausreißer gemäß Dixon-Test (lammendes Schaf)

Blutfraktion	N;k	Gleichung der linearen Regression
log. Leukozyten	N=87 k=12	$y = +0,000942x + 3,85$ ohne A ₁ =4,2304 des 31.-33.Monats, weibl. ohne Nr.401, Nr.708 und Nr.335
log. Lymphozyten	N=90 k=13	$y = -0,000844x + 3,74$ ohne Nr.401, Nr.708 und Nr.335
log. Neutrophile	N=93 k=13	$y = +0,002732x + 3,09$
(log. Lymphozyten)	N=93 k=13	$y = -0,002591x + 3,80$ inkl. Nr.401, Nr.708 und Nr.335

Tabelle IV.10.3.b): Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Milchafe durch eine geschlechtsunabhängige Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.-41. Monats; ohne Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

Blutfraktion	N;k	Gleichung der linearen Regression
log.Leukozyten	N=82 k=12	$y=+0,000775x+3,85$ ohne Nr.401, Nr.708 und Nr.335
log.Lymphozyten	N=82 k=12	$y=-0,000036x+3,74$ ohne Nr.401, Nr.708 und Nr.335
log.Neutrophile	N=85 k=12	$y=-0,000068x+3,11$

Bei der Berechnung der linearen Regressionsgeraden der log. Leukozyten in Tab. IV.10.3.a) wird die Altersgruppe des 31.-33. Monats nicht berücksichtigt, da durch die Elimination des Ausreißers gemäß DIXON ($A = 4,2304$) nur noch ein Stichprobenumfang von $n = 2$ mit zwei Leukozytenwerten von je 8200 übrig bleibt. Damit ist die Standardabweichung Null, womit diese Stichprobengruppe eine "falsche" Gewichtung erhalten würde, sofern sie berücksichtigt würde. Da es sich bei dem Ausreißer zudem um ein lammendes Schaf handelt, welches für die Berechnung der Tab. IV.10.3.b) ohnehin aus der Altersgruppe 31.-33. Monat gestrichen werden muß, wird diese Altersgruppe - um eine einheitliche Altersgruppenanzahl k zu bekommen - gestrichen, weshalb $k = 12$ ist.

Tabelle IV.10.4.: Darstellung der Mittelwerte der logarithmierten Lymphozytenzahlen der männlichen und weiblichen Merino-, Texel-, Milch- und Schwarzkopfschafe durch eine Regressionsgerade für den Zeitraum des 6.-80. Monats unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

N : Gesamtstichprobenumfang

k : Anzahl der Monatsgruppen

Blutfraktion	N;k	Gleichung der linearen Regression ¹⁾
log.Lymphozyten	N=990 k=26	$y = -0,002305x + 3,76$

- 1) ohne die schon bei den einzelnen Rassen ausgeschlossenen Extremwerte

10.2. Untersuchung der Mittelwerte der Zahlen der weißen Blutzellen männlicher und weiblicher Schafe auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der sogenannten geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden

Die Untersuchung auf eine Abhängigkeit der weißen Blutzellen vom Alter der Schafe erfolgt nach denselben Prinzipien, wie sie in Kapitel IV.8. dargestellt wurden; ebenso entspricht die Symbolik der nachfolgenden Tabellen jener des Kapitels IV.8.

Die Tabellen IV.10.5.a) - IV.10.5.c) geben das Steigungsverhalten der "geschlechtsunabhängigen" Regressionsgeraden wieder, wobei die Blutwerte männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse zusammengefaßt sind.

Es wird deutlich, daß diese neuen geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden dasselbe Steigungsverhalten hinsichtlich ihres Vorzeichens und ihrer Signifikanz von b aufweisen wie auch die Regressionsgeraden der nur weiblichen Schafe bei

den entsprechenden Rassen (vgl. Tab. IV.8.1.a) - IV.8.1.c)) unter Berücksichtigung der Lammungsdaten). Auch der fehlende Effekt der Leukozytose bei den Merinoschafen ist wieder sichtbar (vgl. Tab. IV.8.1.a) mit Tab. IV.10.5.a) - Klammerwerte).

Die Zahl der weißen Blutzellen männlicher Schafe nehmen also offensichtlich keinen signifikanten Einfluß auf die Steigung dieser "geschlechtsunabhängigen" Regressionsgeraden, solange die Lammungsdaten weiblicher Schafe nicht ausgeschlossen bleiben. Dem Betrag nach sind die Steigungen natürlich nicht miteinander identisch. Anders ist die Situation, sobald die Lammungsdaten¹⁾ nicht mehr berücksichtigt werden, denn dann scheint den Blutzellenzahlen männlicher Tiere ein Einfluß auf das Steigungsverhalten zuzukommen:

- a) War die negative Steigung der Regressionsgeraden der Leukozytenzahlen weiblicher Merinoschafe nur auf dem 5%-Niveau signifikant (s. Tab. IV.8.1.a) - Klammerwerte), so ist sie es jetzt auch auf dem 1%-Niveau, wenn die Leukozytenzahlen männlicher Merinoschafe hinzugenommen werden.
- b) War bei den weiblichen Texelschafen nach Eliminierung der Lammungsdaten noch eine signifikante Steigung der log. Lymphozyten auf dem 5%-Niveau nachweisbar (s. Tab. IV.8.1.b) - Klammerwert), so ist selbst diese nicht mehr nachweisbar, wenn bei den geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden die Lammungsdaten unberücksichtigt bleiben (s. Tab. IV.10.5.b) - Klammerwert). Das bedeutet, daß der Ausschluß der Geburtsdaten und die gleichzeitige Berücksichtigung der Lymphozytenzahlen männlicher Schafe zu einer zwar noch negativen, aber nicht mehr signifikanten Steigung der

1) Diese beeinflussen schon bei den nur weiblichen Schafen das Steigungsverhalten im Hinblick auf eine Signifikanz von Testergebnissen (s. Tab. IV.8.1.).

geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden führt.

- c) In allen übrigen Fällen hat die Zahl der weißen Blutzellen männlicher Schafe keinen Einfluß auf die Signifikanz einer Steigung der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden (vgl. Tab. IV.8.1. mit Tab. IV.10.5.).

Zur weiteren Untersuchung eines möglichen Einflusses der Blutzellzahlen männlicher Schafe auf das Steigungsverhalten der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden wird folgende Überlegung angestellt: Gleicht man die Anzahl der Altersgruppen weiblicher Schafe denen der männlichen an, so zeigen auch die weißen Blutwerte weiblicher Tiere keine signifikante Altersabhängigkeit mehr (s. Kap. IV.9.3 und Tab. IV.9.5.); sie verhalten sich also wie die männlichen Schafe (s. Kap. IV.8.). Lediglich bei den Vorzeichen der Steigungen der Regressionsgeraden lassen sich geschlechtsbedingte Unterschiede feststellen. Dies zeigt, daß eine Altersabhängigkeit weißer Blutzellen sich erst durch Beobachtungen größerer Zeiträume nachweisen läßt. Ein direkter Einfluß der männlichen Schafe auf das Steigungsverhalten der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden muß als fraglich oder zumindest als sehr schwach bezeichnet werden: Die Hinzunahme der männlichen Tiere zu den weiblichen Schafen zur Bildung der gemeinsamen Regressionsgeraden vergrößert die Stichprobenumfänge der Altersgruppe jüngerer Schafe, die gleichzeitige Herausnahme der Geburtsdaten aber verkleinert die Stichprobenumfänge der höheren Altersgruppen. Eine signifikante Altersabhängigkeit zeigen die Lymphozyten, wenn alle Rassen und beide Geschlechter zusammengefaßt werden: Sie nehmen mit fortschreitendem Alter ab (Tab. IV.10.6.).

Diese Information ist bereits ein Ausblick auf das nachfolgende Kapitel.

Tabelle IV.10.5.a): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen und weiblichen Merinoschafen ab dem 6. Lebensmonat auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten $\hat{t}$ gegen Null

Die Klammerwerte bezeichnen die jeweiligen Größen ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten.

Zeitraum: 6.-80. Monat

Blutfraktion	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,576	$t(0,05)$ =1,960
log. Leukozyten $b=-0,001236$ ($b=-0,001143$)	0,000329 (0,000355)	3,753 (3,224)	++ (++)	+ (+)
log. Lymphozyten $b=-0,002954$ ($b=-0,002579$)	0,000424 (0,000425)	6,960 (6,063)	++ (++)	+ (+)
log. Neutrophile $b=+0,003212$ ($b=+0,002836$)	0,000951 (0,001006)	3,377 (2,818)	++ (++)	+ (+)

Tabelle IV.10.5.b): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen und weiblichen Texelschafen ab dem 6. Lebensmonat auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten $\hat{t}$ gegen Null

Die Klammerwerte bezeichnen die jeweiligen Größen ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten
Zeitraum: 6.-62. Monat

Blutfraktion	s_b	$\hat{t}$	$t(0,01)$ =2,601	$t(0,05)$ =1,972
log.Leukozyten $b=-0,00096$ ($b=-0,001163$)	0,000614 (0,000678)	1,573 (1,716)	- (-)	- (-)
log.Lymphozyten $b=-0,002004$ ($b=-0,00127$)	0,000697 (0,000734)	2,876 (1,731)	++ (-)	+ (-)
log.Neutrophile $b=+0,000192$ ($b=-0,001917$)	0,00148 (0,00155)	0,129 (1,237)	- (-)	- (-)

Tabelle IV.10.5.c): Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen bei männlichen und weiblichen Milchschaften ab dem 6. Lebensmonat auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten t gegen Null

Die Klammerwerte bezeichnen die jeweiligen Größen ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten
Zeitraum: 6.-41. Monat

Blutfraction	s_b	t	$t(0,01)$ =2,632	$t(0,05)$ =1,987
log.Leukozyten $b=+0,000942$ ($b=+0,000775$)	0,001511 (0,00156)	0,623 (0,496)	- (-)	- (-)
log.Lymphozyten $b=-0,000844$ ($b=-0,000036$)	0,001934 (0,001816)	0,436 (0,020)	- (-)	- (-)
log.Neutrophile $b=+0,002732$ ($b=-0,000068$)	0,003879 (0,003885)	0,704 (0,018)	- (-)	- (-)

Tabelle IV.10.6.: Untersuchung der Mittelwerte der logarithmierten Lymphozytenzahlen bei männlichen und weiblichen Merino-, Texel-, Milch- und Schwarzkopfschaften im zweiten Lebensabschnitt (6.-80. Monat) unter Einschluß der Lammungsdaten auf eine Altersabhängigkeit mit Hilfe der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden; Prüfung des Testquotienten t gegen Null

Blutfraction	s_b	t	$t(0,01)$ =2,576	$t(0,05)$ =1,960
log.Lymphozyten $b=-0,002305$	0,0002361	9,762	++	+

11. Beurteilung der absoluten Zahl der weißen Blutzellen von Schafen mit unbekanntem Gesundheitsstatus mit Hilfe des 95,4%-Normbereiches und mit Hilfe des auf der Grundlage der oberen 97,7%- und der oberen 99%-Toleranzgrenze erstellten Leukoseschlüssels

Der 95,44%-Normbereich soll der Beurteilung des weißen Blutbildes von Schafen, deren Gesundheitszustand unbekannt ist, dienen. Liegen deren Blutwerte außerhalb des Normbereiches, so sind sie als "unnormal" bzw. als "pathologisch" anzusehen.

Zur Beurteilung der Lymphozytenzahlen von Schafen im Hinblick auf eine Leukose dienen sogenannte Leukoseschlüssel, die auf der Grundlage von Lymphozytenverteilungen gesunder Schafe (Referenzschafe) berechnet werden. Da von der Natur keine "kritischen Grenzwerte" vorgegeben sind, werden diese willkürlich festgelegt: In vorliegender Arbeit wird für den Leukoseschlüssel auf die obere 97,7%-Toleranzgrenze (das ist die obere Begrenzungslinie des Normbereiches) und die obere 99%-Toleranzgrenze zurückgegriffen.

Zur Beurteilung einer Lymphozytose ist zunächst die obere 99%-Toleranzgrenze der Lymphozytenwerte allein notwendig. Da aber die Leukozytenwerte durch die Lymphozytenzahlen maßgeblich beeinflusst werden, ist die obere 99%-Toleranzgrenze auch für die Leukozyten berechnet worden. Schließlich wird der einheitlichen Form wegen auch für die Neutrophilenzahlen diese obere Toleranzgrenze in den Tabellen aufgeführt.

An den durch Definition festgelegten 95,44%-Normbereich und an die ebenfalls durch Definition bestimmte obere 99%-Toleranzgrenze sind folgende Bedingungen geknüpft:

- a) Ca. 5% der Referenzschafe weisen Beobachtungswerte außerhalb des Normbereichs auf.
- b) 1% aller Beobachtungen liegt oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze.
- c) Die obere Grenze des Normbereichs für sich allein genommen grenzt als obere 97,7%-Toleranzgrenze 2,3% aller Beobachtungen aus.

Der Leukoseschlüssel wird wie folgt definiert:

- 1) Diejenigen Lymphozytenwerte von Schafen mit unbekanntem Gesundheitsstatus, die sich zwischen der oberen 97,7%- und der oberen 99%-Toleranzgrenze befinden, werden als "mäßig erhöht" und die Schafe somit als "leukoseverdächtig" angesehen. Werte unterhalb der oberen 97,7%-Toleranzgrenze gelten als "normal".
- 2) Lymphozytenzahlen, welche sich oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze befinden, werden als "stark erhöht" und damit die Schafe als "leukosekrank" eingestuft.

Im folgenden wird sich zeigen, ob die theoretische Anteilsvoraussage auffälliger Blutwerte in den Altersgruppen einer Rasse mit den beobachteten Verteilungen der Blutwerte übereinstimmt. Es ist zu beachten, daß infolge der antilogarithmischen Rücktransformation der entsprechenden Toleranzgrenzen die vorzunehmenden Einstufungen die absoluten Werte der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen betreffen und nicht mehr deren Logarithmen (s. Kap. III.2.13.).

11.1. Überprüfung der Aussagegültigkeit des berechneten 95,44%-Normbereiches und des Leukoseschlüssels für männliche und weibliche Schafe ab dem 6. Lebensmonat

Die Begrenzungslinien des Normbereiches und die obere 99%-Toleranzgrenze sind im logarithmischen System Parallelen zur geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden der Mittelwerte der weißen Blutzellen der Referenzschafe; sie sind nicht mit den in Kap. IV.10. ausgeschlossenen Extremwerten berechnet worden. Die zur Berechnung von Normbereich und Toleranzgrenze herangezogenen Werte der gepoolten Standardabweichung finden sich in Tab. IV.11.1.

Die Lymphozytenwerte männlicher und weiblicher Referenzschafe der verschiedenen Altersgruppen einer Rasse sowie die Begrenzungslinien des Normbereiches und des Leukoseschlüssels werden graphisch dargestellt und die Werte, welche den Normbereich

bzw. die obere 99%-Toleranzgrenze überschreiten, ausgezählt. Die Aussagegültigkeit des errechneten Normbereiches bzw. Leukoseschlüssels wird also empirisch überprüft. Ist die Anteilsvoraussage für die Lymphozytenwerte gültig, so wird sie auch für die Leukozyten- und Neutrophilenzahlen vorausgesetzt.

11.1.1. Darstellung und Überprüfung des 95,44%-Normbereiches und des Leukoseschlüssels auf Gültigkeit am Beispiel der absoluten Lymphozytenzahlen von Schafen einer jeden Rasse

Die Abbildungen 11.1. bis 11.3. zeigen die absoluten Lymphozytenzahlen der Merino-, Texel- und Milchschafe unabhängig vom Geschlecht: Die durchgezogenen Geraden (2) und (3) repräsentieren den 95,44%-Normbereich und die durchgezogene Gerade (1) stellt die obere 99%-Toleranzgrenze für die Lymphozytenwerte unter Berücksichtigung der Lammungsdaten dar. Die gestrichelten Geraden (1'), (2') und 3') haben ihre Gültigkeit, wenn die Lammungsdaten nicht berücksichtigt werden. Die Auswertung der Tabellen IV.11.2.a) - IV.11.2.c) mit Hilfe dieser Abbildungen zeigt, daß die theoretische Anteilsvoraussage des Leukoseschlüssels, welcher auf der oberen 97,7%-und 99%-Toleranzgrenze beruht, seine praktische Gültigkeit besitzt: Weder die für den 95,44%-Normbereich zulässigen (gerundeten) 5% noch die für die obere 99%-Toleranzgrenze zulässigen 1% Ausschluß- bzw. Irrtumswahrscheinlichkeit werden überschritten, gleichgültig ob die Lammungsdaten berücksichtigt werden oder nicht.

In den Tabellen A.7. - A.9. sind für die Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenwerte der einzelnen Schaf-rassen die Grenzwerte des 95,44%-Normbereiches und der oberen 99%-Toleranzgrenze aufgelistet. Die Zahlen in den Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten.¹⁾

1) Näheres über den Geburtseinfluß findet sich im Diskussions- teil (V).

11.1.2. Ein einheitlicher Leukoseschlüssel für mehrere Rassen

Für die Bedürfnisse der Praxis erscheint es angebracht, für verschiedene Rassen einen einheitlichen Leukoseschlüssel zu erstellen. Die Erstellung eines solchen Schlüssels hat aber zwangsläufig eine gewisse Ungenauigkeit zur Folge, weil in ihm alle Beobachtungswerte der verschiedenen Rassen zusammengefaßt werden, obwohl Rassenunterschiede vorhanden sind.

Die Gleichungen der oberen 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze sind der Tabelle IV.11.3. zu entnehmen; die Lammungsdaten wurden bei der Berechnung nicht ausgeschlossen. Graphisch umgesetzt wurde die Tabelle IV.11.3. in Abb. 11.4. mit der oberen 99%-Toleranzgrenze (1) und der oberen 97,7%-Toleranzgrenze (2): Die Auswertung ergibt, daß die Grenzen des rassenunabhängigen Leukoseschlüssels eine gute Schätzung hinsichtlich der Ausschlußwahrscheinlichkeit von 2,3% bzw. 1% darstellen. Zur Beurteilung der Lymphozytose werden die kritischen Werte nach Tab. IV.11.5.a) herangezogen. Die Treppenkurve¹⁾ in Abb. 11.4 repräsentiert den Leukoseschlüssel nach PAULSEN et al. (1974): Der Punkteanteil, welcher sich oberhalb der Treppenkurve befindet, liegt bei 3,4%. Erlaubt wäre nur eine Ausschlußwahrscheinlichkeit von 1%, sofern dieser Schlüssel für alle Schafrassen angewandt wird.

1) Die Treppenkurve läßt sich auch durch eine lineare Regressionslinie darstellen, so daß die theoretische Anteils Voraussage für die Schwarzkopfschafe praktisch bestätigt wird (vgl. Tab. IV.11.1.); eine Abbildung wird jedoch nicht gegeben.

Abb. 11.1.:

Der 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenwerte der Merinoschafe beiderlei Geschlechts
(1): obere 99%-Toleranzgrenze unter Berücksichtigung der Lammungsdaten (durchgezogene Gerade)

(1'): obere 99%-Toleranzgrenze ohne Lammungsdaten (gestrichelte Gerade)

(2),(3): obere und untere Grenzen des 95,44%-Normbereiches unter Berücksichtigung der Lammungsdaten (durchgezogene Gerade)

(2'),(3'): obere und untere Grenzen des 95,44%-Normbereiches ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten (gestrichelte Gerade)

(2),(2'): obere 97,7%-Toleranzgrenze

A: Ausreißer gemäß Dixon-Test

G: Geburtsdaten weiblicher Schafe

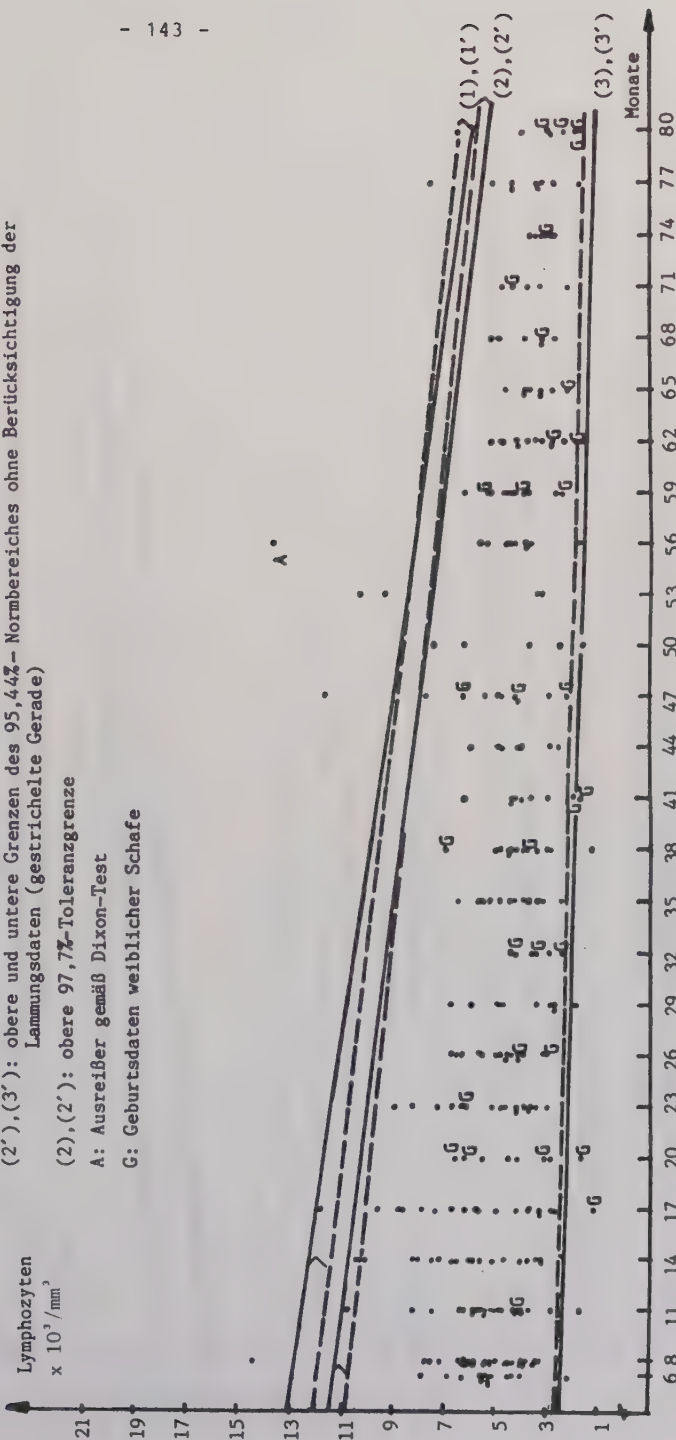


Abb. 11.2.:

Der 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenwerte der Texelschafe beiderlei Geschlechts

(1): obere 99%-Toleranzgrenze unter Berücksichtigung der Lammungsdaten (durchgezogene Gerade)

(1'): obere 99%-Toleranzgrenze ohne Lammungsdaten (gestrichelte Gerade)

(2), (3): obere und untere Grenzen des 95,44%-Normbereiches unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

(2'), (3'): obere und untere Grenzen des 95,44%-Normbereiches ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten (gestrichelte Gerade)

(2), (2'): obere 97,7%-Toleranzgrenze

G: Geburtsdaten weiblicher Schafe

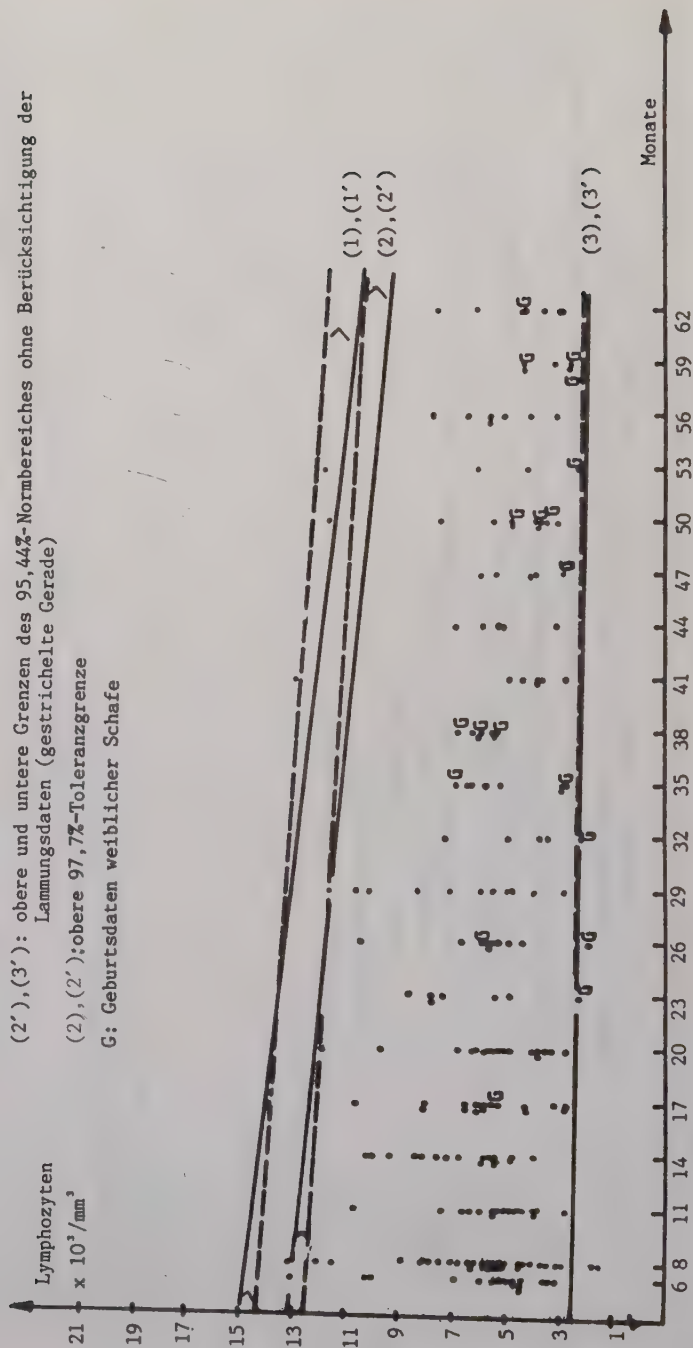


Abb. 11.3.:

Der 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenwerte der Milchschafe beiderlei Geschlechts

(1): obere 99%-Toleranzgrenze unter Berücksichtigung der Lammungsdaten (durchgezogene Gerade)

(1'): obere 99%-Toleranzgrenze ohne Lammungsdaten (durchgezogene Gerade)

(2), (3): obere und untere Grenzen des 95,44%-Normbereiches unter Berücksichtigung der Lammungsdaten (durchgezogene Gerade)

(2'), (3'): obere und untere Grenzen des 95,44%-Normbereiches ohne Berücksichtigung der Lammungsdaten (gestrichelte Linie)

(2), (2'): obere 97,7%-Toleranzgrenze

G: Geburtsdaten weiblicher Schafe

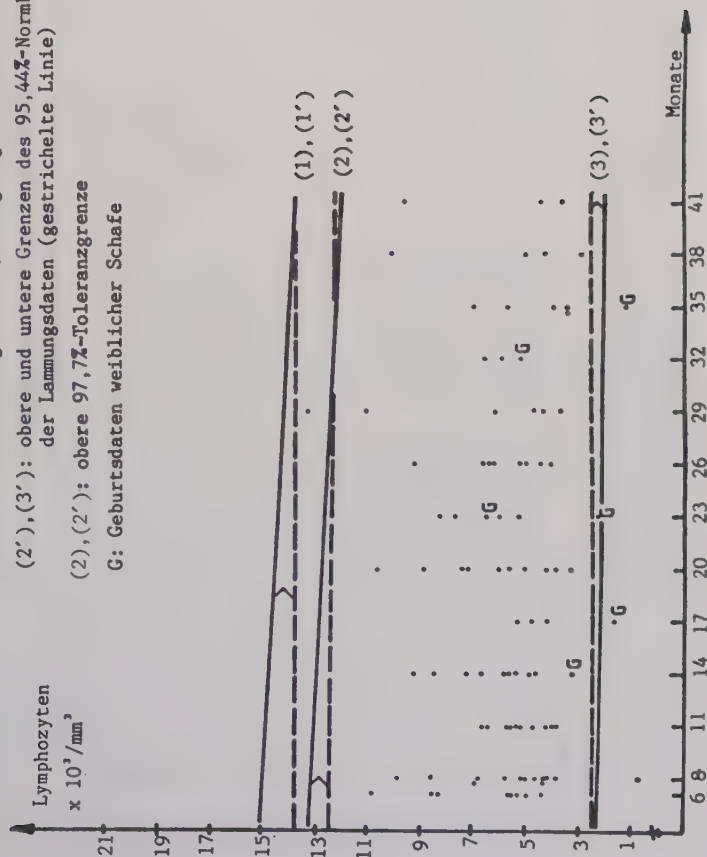
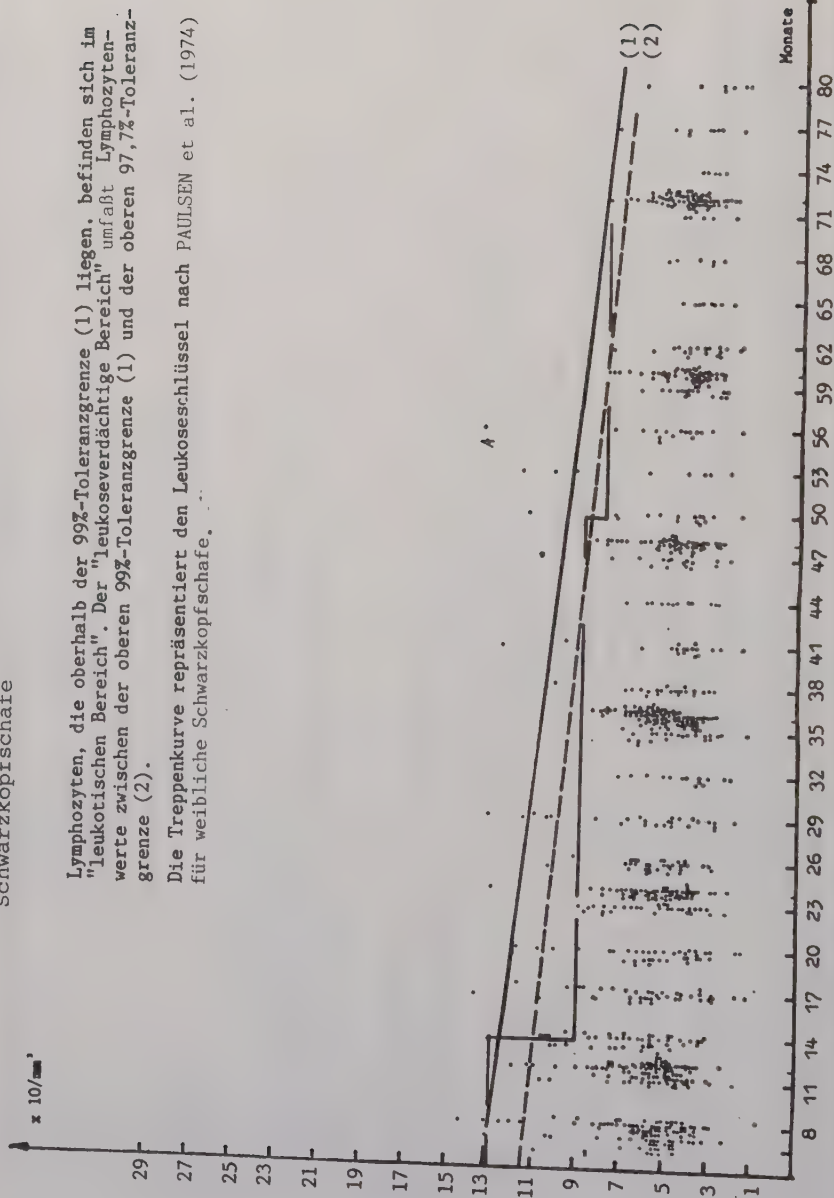


Abb. 11.4.:

Die obere 99%-Toleranzgrenze (1) und obere 97,7%-Toleranzgrenze (2) als Grundlage für einen einheitlichen Leukoseschlüssel der Merino-, Texel- und Milchschafe beiderlei Geschlechts sowie der weiblichen Schwarzkopfschafe



Lymphozyten, die oberhalb der 99%-Toleranzgrenze (1) liegen, befinden sich im "leukotischen Bereich". Der "leukoseverdächtige Bereich" umfaßt Lymphozytenwerte zwischen der oberen 99%-Toleranzgrenze (1) und der oberen 97,7%-Toleranzgrenze (2).

Die Treppenkurve repräsentiert den Leukoseschlüssel nach PAULSEN et al. (1974) für weibliche Schwarzkopfschafe.

Tabelle IV.11.1.a): Übersicht über die gepoolte Standardabweichung bei männlichen und weiblichen *Merinoschafen*

Werte in Klammern: gepoolte Standardabweichung der Schafe ohne Lammungsdaten

Zeitraum: 6.-80. Monat

Blutfraktion	gepoolte Standardabweichung	Besonderheit
log.Leukozyten	0,126839 (0,125444)	ohne Ausreißer: $A_1=4,2430$ des 7.-9.Monats $A_2=4,2175$ des 55.-57.Monats
log.Lymphozyten	0,161783 (0,149989)	ohne Ausreißer: $A_1=4,1313$ des 55.-57.Monats
log.Neutrophile	0,375722 (0,369478)	—

Tabelle IV.11.1.b): Übersicht über die gepoolte Standardabweichung bei männlichen und weiblichen *Texelschafen*

Werte in Klammern: gepoolte Standardabweichung der Schafe ohne Lammungsdaten

Zeitraum: 6.-62. Monat

Blutfraktion	gepoolte Standardabweichung	Besonderheit
log.Leukozyten	0,155599 (0,159292)	—
log.Lymphozyten	0,175118 (0,170596)	—
log.Neutrophile	0,371475 (0,358033)	—

Tabelle IV.11.1.c): Übersicht über die gepoolte Standardabweichung bei männlichen und weiblichen *Milchschaafen*

Werte in Klammern: gepoolte Standardabweichung der Schafe ohne Lammungsdaten

Zeitraum: 6.-41. Monat

Blutfraktion	gepoolte Standardabweichung	Besonderheit
log.Leukozyten	0,148218 (0,151007)	ohne Schaf Nr.401,708 und 335 (ohne 31.-33. Monat)
log.Lymphozyten	0,189942 (0,173544)	ohne Schaf Nr. 401,708 und 335 (ohne 31.-33. Monat)
log.Neutrophile	0,388702 (0,380578)	(ohne 31.-33. Monat)

Tabelle IV.11.1.d): Übersicht über die gepoolte Standardabweichung bei weiblichen *Schwarzkopfschaafen*

Zeitraum: 12.-72 Monat

Blutfraktion	gepoolte Standardabweichung	Besonderheit
log.Lymphozyten	0,122758	—

Tabelle IV.11.1.e): Übersicht über die gepoolte Standardabweichung bei männlichen und weiblichen Merino-, Texel-, Milch- und Schwarzkopfschaafen

Zeitraum: 6.-80. Monat

Blutfraktion	gepoolte Standardabweichung	Besonderheit
log.Lymphozyten	0,154685	—

Tabelle IV.11.2.a): Der 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Merinoschafe unter Berücksichtigung der Geburtseinflüsse

Die Klammerwerte bezeichnen die entsprechenden Größen ohne die Lammungsdaten.

Zeitraum: 6.-80. Monat

T_u : untere Grenze des 95,44%-Normbereiches

T_o : obere Grenze des 95,44%-Normbereiches (dies entspricht der oberen 97,7%-Toleranzgrenze) bzw. die obere 99%-Toleranzgrenze

Blutfraktion	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
Leukozyten T_o	-35,88x+12600 (-32,38x+12300)	-40,26x+14100 (-35,50x+13500)
T_u	-11,35x+4000 (-10,23x+3900)	- -
Lymphozyten T_o	-78,00x+11500 (-65,11x+11000)	-89,64x+13200 (-73,08x+12300)
T_u	-17,90x+2600 (-16,36x+2800)	- -
Neutrophile T_o	+43,57x+5900 (+35,89x+5500)	+58,75x+7900 (+47,31x+7200)
T_u	+1,33x+190 (+1,19x+180)	- -

Prüfung von Normbereich und Toleranzgrenze auf Gültigkeit:

1) Lymphozyten inklusive Lammungsdaten:

- 6 von 289 Punkten liegen oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze (= 2,1%)
- 15 von 289 Punkten liegen außerhalb des 95,44%-Normbereiches (= 5,2%)

2) Lymphozyten ohne Lammungsdaten:

- a) 7 von 256 Punkten liegen oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze (= 2,7%)
- a) 15 von 256 Punkten liegen außerhalb des 95,44%-Normbereiches (= 5,9%)

Tabelle IV.11.2.b): Der 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Texelschafe unter Berücksichtigung der Geburtseinflüsse

Die Klammerwerte bezeichnen die entsprechenden Größen ohne Lammungsdaten.

Zeitraum 6.-62. Monat

T_u : untere Grenze des 95,44%-Normbereiches

T_o : obere Grenze des 95,44% Normbereiches (dies entspricht der oberen 97,7%-Toleranzgrenze) bzw. die obere 99%-Toleranzgrenze

Blutfraktion	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
Leukozyten T_o	-35,03x+15800 (-43,43x+16200)	-39,30x+17800 (-48,73x+18200)
T_u	-8,40x+3800 (-9,95x+3700)	- -
Lymphozyten T_o	-60,82x+13200 (-36,76x+12600)	-69,84x+15100 (-42,21x+14500)
T_u	-12,14x+2600 (-7,68x+2600)	- -
Neutrophile T_o	+3,50x+7900 (-35,03x+7900)	+4,71x+10700 (-45,13x+10200)
T_u	+0,12x+260 (-1,27x+290)	- -

Prüfung von Normbereich und Toleranzgrenze auf Gültigkeit:

1) Lymphozyten inklusive Lammungsdaten

- a) 3 von 217 Punkten liegen oberhalb der 99%-Toleranzgrenze (= 1,4%)
- b) 10 von 217 Punkten liegen außerhalb des 95,44%-Normbereiches (= 4,6%)

2) Lymphozyten ohne Lammungsdaten:

- a) 2 von 198 Punkten liegen oberhalb der 99%-Toleranzgrenze (= 1,0%)
- b) 8 von 198 Punkten liegen außerhalb des 95,44%-Normbereiches (= 4,0%)

Tabelle IV.11.2.c): Der 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Milchschafe unter Berücksichtigung der Geburtseinflüsse

Die Klammerwerte bezeichnen die entsprechenden Größen ohne die Lammungsdaten.

Zeitraum: 6.-41. Monat

T_u : untere Grenze des 95,44%-Normbereiches

T_o : obere Grenze des 95,44%-Normbereiches (dies entspricht der oberen 97,7%-Toleranzgrenze) bzw. die obere 99%-Toleranzgrenze

Blutfraktion		95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
Leukozyten	T_o	+30,64x+14100 (+25,20x+14100)	+34,38x+15800 (+28,21x+15800)
	T_u	+7,70x+3500 (+6,32x+3500)	- -
Lymphozyten	T_o	-25,61x+13200 (-1,01x+12300)	-29,41x+15100 (-1,13x+13800)
	T_u	-4,45x+2300 (-0,20x+2500)	- -
Neutrophile	T_o	+46,63x+7400 (-1,16x+7400)	+62,90x+10000 (-1,57x+10000)
	T_u	+1,28x+200 (-0,04x+220)	- -

Prüfung von Normbereich und Toleranzgrenze auf Gültigkeit:

- 1) Lymphozyten inklusive Lammungsdaten
 - a) keiner von 90 Punkten liegt oberhalb der 99%-Toleranzgrenze (= 0%)
 - b) 4 von 90 Punkten liegen außerhalb des 95,44%-Normbereiches (= 4,4%)
- 2) Lymphozyten ohne Lammungsdaten
 - a) einer von 90 Punkten liegt oberhalb der 99%-Toleranzgrenze (= 1,1%)
 - b) 2 von 90 Punkten liegen außerhalb des 95,44%-Normbereiches (= 2,2%)

Tabelle IV.11.3.: Die obere 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenzahlen der Merino-, Texel-, Milch- und Schwarzkopfschafe beiderlei Geschlechts unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Zeitraum: 6.-80. Monat

Blutfraktion	obere 97,7%- Toleranzgrenze	obere 99%- Toleranzgrenze
Lymphozyten	-62,35x+11700	-69,96x+13200

Prüfung der oberen 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze auf Gültigkeit:

- a) 29 von 990 Punkten liegen oberhalb der oberen 97,7%-Toleranzgrenze (= 2,9%)
- b) 12 von 990 Punkten liegen oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze (= 1,2%)

Tabelle IV.11.4.: Die obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenzahlen der weiblichen Schwarzkopfschafe

Zeitraum: 12.-72. Monat

Blutfraktion	obere 99%-Toleranzgrenze
Lymphozyten T _o	-50,56x+11200

Prüfung der oberen 99%-Toleranzgrenze auf Gültigkeit:

4 von 394 Punkten liegen oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze (= 1,0%)

Tabelle IV.11.5.a): Ein rassenuabhängiger Leukoseschlüssel
beruhend auf der oberen 97,7%- und 99%-
Toleranzgrenze der absoluten Lymphozyten-
werte der Merino-, Texel-, Milch- und
Schwarzkopfschafe beiderlei Geschlechts
unter Einschluß der Lammungsdaten

Alter in Monaten	verdächtiger Bereich	leukotischer Bereich
	zwischen der oberen 97,7%-und 99%-Toleranzgrenze	oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze
6	11300-12800	> 12800
8	11200-12600	> 12600
11	11000-12400	> 12400
14	10800-12200	> 12200
17	10600-12000	> 12000
20	10500-11800	> 11800
23	10300-11600	> 11600
26	10100-11400	> 11400
29	9900-11200	> 11200
32	9700-11000	> 11000
35	9500-10800	> 10800
38	9300-10500	> 10500
41	9100-10300	> 10300
44	9000-10100	> 10100
47	8800-9900	> 9900
50	8600-9700	> 9700
53	8400-9500	> 9500
56	8200-9300	> 9300
59	8000-9100	> 9100
62	7800-8900	> 8900
65	7600-8700	> 8700
68	7500-8400	> 8400
71	7300-8200	> 8200
74	7100-8000	> 8000
77	6900-7800	> 7800
80	6700-7600	> 7600

Faßt man bei dem in Tab. IV.11.5.a) aufgestellten Leukoseschlüssel den 6., 8., 11. Monat zum ersten Lebensjahr, den 14., 17., 20. und 23. Monat zum zweiten Lebensjahr usw. zusammen, so kommt man zu Tab. IV.11.5.b), in welcher jetzt die allgemein gebräuchlichen jährlichen Zeitabstände berücksichtigt werden. Durch die gröbere Altersgruppeneinteilung kommt es natürlich zu einem Informationsverlust, der Leukoseschlüssel ist aber in dieser Form mit den Leukoseschlüsseln anderer Autoren vergleichbar und erleichtert zudem die Wiedergabe.

Tabelle IV.11.5.b): Ein rassenunabhängiger Leukoseschlüssel beruhend auf der oberen 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze der absoluten Lymphozytenwerte der Merino-, Texel-, Milch- und Schwarzkopfschafe beiderlei Geschlechts unter Einfluß der Lammungsdaten

Lebensjahr	absolute Lymphozytenwerte		
	Normbereich	verdächtiger Bereich	leukotischer Bereich
1	< 11 000	11 000 - 12 800	> 12 800
2	< 10 300	10 300 - 12 200	> 12 200
3	< 9 500	9 500 - 11 400	> 11 400
4	< 8 800	8 800 - 10 500	> 10 500
5	< 8 800	8 000 - 9 700	> 9 700
6	< 7 300	7 300 - 8 900	> 8 900
7 und älter	< 6 900	6 900 - 8 000	> 8 000

11.2. Erstellung eines 95,44%-Normbereiches und eines Leukoseschlüssels zur Beurteilung des weißen Blutbildes von jungen Schafen bis zu einem Alter von fünf Monaten

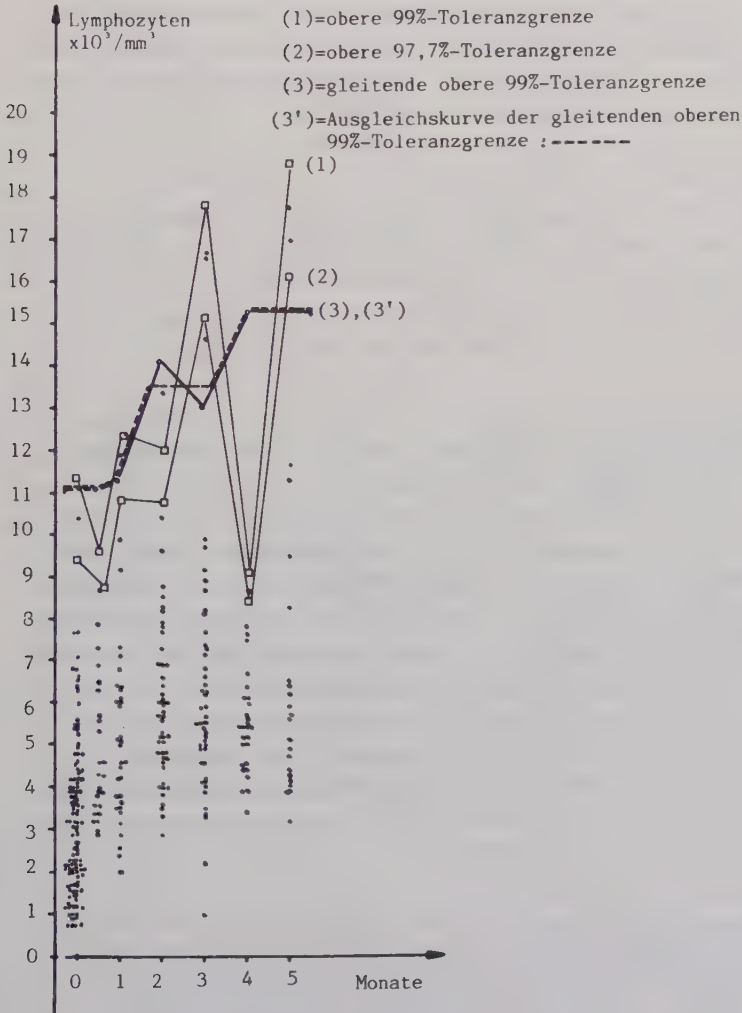
Obwohl der oben vorgestellte rassenunabhängige Leukoseschlüssel schon ab dem 6. Lebensmonat seine Gültigkeit hat, soll auch für noch jüngere Schafe eine Orientierungshilfe zur Erkennung stark erhöhter Lymphozytenwerte gegeben werden, und zwar auf der Grundlage der Daten der männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafe, welche sich nach Kap. IV.8. hämatologisch einheitlich behandeln lassen. Die Tabellen A.6.a) - A.6.c) enthalten für jede Altersgruppe dieser Schafe den 95,44%-Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze. In Abb. 11.5 sind die absoluten Lymphozytenwerte sowie die zu jeder Altersgruppe gehörige obere 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze eingezeichnet. Es zeigt sich, daß die Toleranzgrenzen erhebliche Schwankungen aufweisen (Näheres im Diskussionsteil). Um die starken Schwankungen der oberen 99%-Toleranzgrenzen (T) zu mildern, wird auf das Verfahren von "gleitenden Toleranzgrenzen" ($\bar{T}$) zurückgegriffen: Es ist z.B. $\bar{T}_{(2)} = 1/3 (T_{(1)} + T_{(2)} + T_{(3)})$, wobei die Indizes für die hier herausgegriffenen Altersgruppen 1., 2. und 3. Monat stehen. Die Klassifikation stark erhöhter Lymphozytenwerte erfolgt näherungsweise anhand der Ausgleichskurve in Abb. 11.5.; die entsprechenden kritischen Lymphozytenwerte findet man in Tab. IV.11.6.

Tabelle IV.11.6: Ein Leukoseschlüssel für junge Schafe bis zu einem Alter von fünf Monaten

Altersgruppe in Monaten	Kritische Lymphozytenwerte zur Beurteilung "stark erhöhter" Lymphozytenwerte
0.-0,5.	über 11 100
1.	über 11 300
2.	über 13 500
3.	über 13 500
4.-5.	über 15 300

Abb. 11.5.:

Die obere 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze und die Ausgleichskurve der gleitenden Toleranzgrenzen zur Beurteilung stark erhöhter Lymphozytenwerte weiblicher und männlicher Merino- und Texelschafe (Gesamtstichprobenumfang $N = 318$)



12. Das Eosinophilensystem

Bei dem Tübinger Schafmaterial kann man beobachten, daß das Differentialblutbild vieler Schafe keine Eosinophilenwerte aufweist und der entsprechende Eosinophilenwert somit Null beträgt. Dies ist ein widriger Umstand, da nun nicht mehr wie bisher mit den Logarithmen gerechnet werden kann (der Logarithmus von Null ist nicht definiert). Die Ursache für diesen Tatbestand ist darin zu suchen, daß in Tübingen für das Differentialblutbild nur 100 Zellen ausgezählt wurden.¹⁾ Beim Datenmaterial der Schwarzkopfschafe (HÜBNER, 1971) sind für das Differentialblutbild 200 Zellen ausgezählt worden: nur 3 von 394 Schafen haben "keine Eosinophilenwerte". Diesen Schafen (2 Schafe im ersten Jahr und 1 Schaf im dritten Jahr) wird der Eosinophilenwert "1" zugewiesen, so daß der Logarithmus dieses Wertes Null beträgt.

Um auf das Eosinophilensystem aus eben genannten Gründen nicht ganz verzichten zu müssen, wird auf das HÜBNERSCHE Datenmaterial zurückgegriffen.

Vorab soll der Verteilungsfrage der Daten nachgegangen werden: Die Histogramme für die Eosinophilenzahlen von Schafen einer jeden Altersgruppe zeigen, daß überwiegend linkssteile Verteilungen vorliegen (s. Abb. A.1.c)); ob daraus allerdings auf eine Lognormalverteilung geschlossen werden darf, wird mit Hilfe des Lilliefors-Tests geprüft ($\alpha = 0,05$):

- a) Eine Normalverteilung der log. Werte kann nicht ausgeschlossen werden für folgende Altersgruppen:
2. Jahr, 4. Jahr, 5. Jahr, 6. Jahr und 7. Jahr
(das 8. Jahr wurde wegen relativ geringer Stichprobenumfänge nicht untersucht).

1) Die niedrigen Eosinophilenwerte könnten auch in den optimalen Haltungsbedingungen bei regelmäßiger Entwurmung in der BFA ihren Grund haben: Haltung der Schafe in Gruppen zu max. 15 Tieren in gut durchlüfteten Ställen mit Einstreu, wobei in der warmen Jahreszeit Grünfütter, während der kalten Heu gefüttert wird.

- b) Eine Normalverteilung der log. Werte kann ausgeschlossen werden für das 1. Jahr und das 3. Jahr (dies sind genau die Zeiträume, für welche den Schafen der Eosinophilenwert "1" zugewiesen wurde).

Es ergibt sich folgender Schluß: Bei den linkssteilen Verteilungen der absoluten Werte handelt es sich nicht um eine Lognormalverteilung.

12.1. Darstellung des Eosinophilensystems

Aus traditionellen Gründen wird für jede Altersgruppe das arithmetische Mittel $\bar{x}$ sowie die Standardabweichung s angegeben (s. Tab. IV.12.1.).

Ein geeigneterer Mittelwert für linkssteile Verteilungen ist der Median (dies bedingt klassierte Daten); das arithmetische Mittel liegt bei solchen Verteilungen zu weit rechts (s. Tab. IV.12.2.).

Die graphische Darstellung erfolgt mit Hilfe der Box-and-Whisker-Plots, in denen der Median $\tilde{x}$ ($= Q_{0,50}$), die Spannweite R und der Quartilabstand $Q_{0,25} - Q_{0,75}$ Auskunft über Lage und Streuungsverhältnisse der Eosinophilenverteilung einer Altersgruppe geben (Abb. 12.1.). Diese Kenngrößen lassen sich neben dem Median $\tilde{x}$ und dem Modalwert D auch Tabelle IV.12.2. entnehmen.

Zudem geben die Differenzen $\tilde{x} - Q_1$ und $Q_3 - \tilde{x}$ Auskunft über die Form der Verteilung (s. Tab. IV.12.3.):

Wenn $\tilde{x} - Q_1 < Q_3 - \tilde{x}$, so ist die Verteilung linkssteil,
wenn $\tilde{x} - Q_1 = Q_3 - \tilde{x}$, so ist die Verteilung symmetrisch,
wenn $\tilde{x} - Q_1 > Q_3 - \tilde{x}$, so ist die Verteilung rechtssteil.

12.2. Untersuchung der Eosinophilenzahlen auf eine mögliche Abhängigkeit vom Alter der Schafe

Es wird eine Regressionsgerade für die Mediane, die zu einem bestimmten Beobachtungszeitpunkt gegeben sind, berechnet (vorgegangen wird wie bei der Regressionsberechnung der Standardabweichungen, s. Kap. III.2.4.).

Die Regressionsgerade, die dem Zeitraum vom 12. bis zum 96. Monat zugrunde gelegt wird, lautet

$$y = 0,76\bar{x} + 244,85$$

Sowohl für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% als auch 5% liegt keine echte Steigung¹⁾ der Regressionsgeraden der Mediane vor, d.h. die Eosinophilenzahlen sind unabhängig vom Alter der Schafe. Interessant ist auch die Tatsache, daß der Modalwert - das ist der häufigste in einer Altersgruppe vorkommende Wert - bis zum 7. Lebensjahr immer derselbe ist.

Um eine gewisse Orientierung hinsichtlich der Eosinophilenverteilung zu erhalten, können das erste und dritte Quartil herangezogen werden. Von diesen beiden Quartilen werden die zentralen 50% aller Werte eingeschlossen. Außerdem wird, analog zu den oberen Toleranzgrenzen der anderen Blutfraktionen das 90%-Quartil angegeben, unterhalb dessen 90% aller Werte liegen (s. Tab. IV.12.2.).

1) Der Testquotient $\bar{t}$ beträgt: $\bar{t} = 1,837$; die Tabellenwerte lauten dann: $t(0,01) = 3,707$ und $t(0,05) = 2,447$

Tabelle IV.12.1.: Die arithmetischen Mittelwerte der Eosinophilenzahlen der weiblichen Schwarzkopfschafe einer jeden Altersgruppe

Altersgruppe	n	$\bar{x}$	s
1. Jahr	54	316,37	263,61
2. Jahr	65	282,00	202,22
3. Jahr	96	329,22	302,99
4. Jahr	54	338,59	253,88
5. Jahr	55	400,22	353,18
6. Jahr	43	492,30	435,10
7. Jahr	17	301,06	117,36
8. Jahr	7	374,14	219,83
9. Jahr	3	550,00	400,84

Tabelle IV.12.2.: Kenngrößen der klassierten Eosinophilenzahlen der weiblichen Schwarzkopfschafe für jede Altersgruppe

Klassenbreite	: 100
$Q_1 = Q_{0,25}$	: erstes Quartil
$\tilde{x} = Q_{0,50}$	: Median oder zweites Quartil
$Q_3 = Q_{0,75}$	: drittes Quartil
R	: Spannweite
D	: Modalwert
$Q_{0,90}$	: 90%-Quartil

Altersgruppe	$Q_{0,25}$	$\tilde{x}$	$Q_{0,75}$	$Q_{0,90}$	R	D
1. Jahr	161,70	248,00	376,00	681,00	1466	250
2. Jahr	145,64	243,50	380,17	495,44	1088	250
3. Jahr	161,00	258,14	423,22	606,71	2362	250
4. Jahr	209,82	289,24	419,75	661,00	1608	250
5. Jahr	188,50	279,13	506,00	951,00	1966	250
6. Jahr	187,00	338,50	663,50	1071,0	1676	250
7. Jahr	206,00	291,00	376,00	466,00	401	250
8. Jahr	288,50	338,50	382,25	408,50	655	350

Tabelle IV.12.3.: Verteilungsform der klassierten Eosinophilenzahlen bei weiblichen Schwarzkopfschafen für jede Altersgruppe

Klassenbreite	: 100
$Q_1 = Q_{0,25}$	: erstes Quartil
$\tilde{x} = Q_{0,50}$	: Median oder zweites Quartil
$Q_3 = Q_{0,75}$	: drittes Quartil

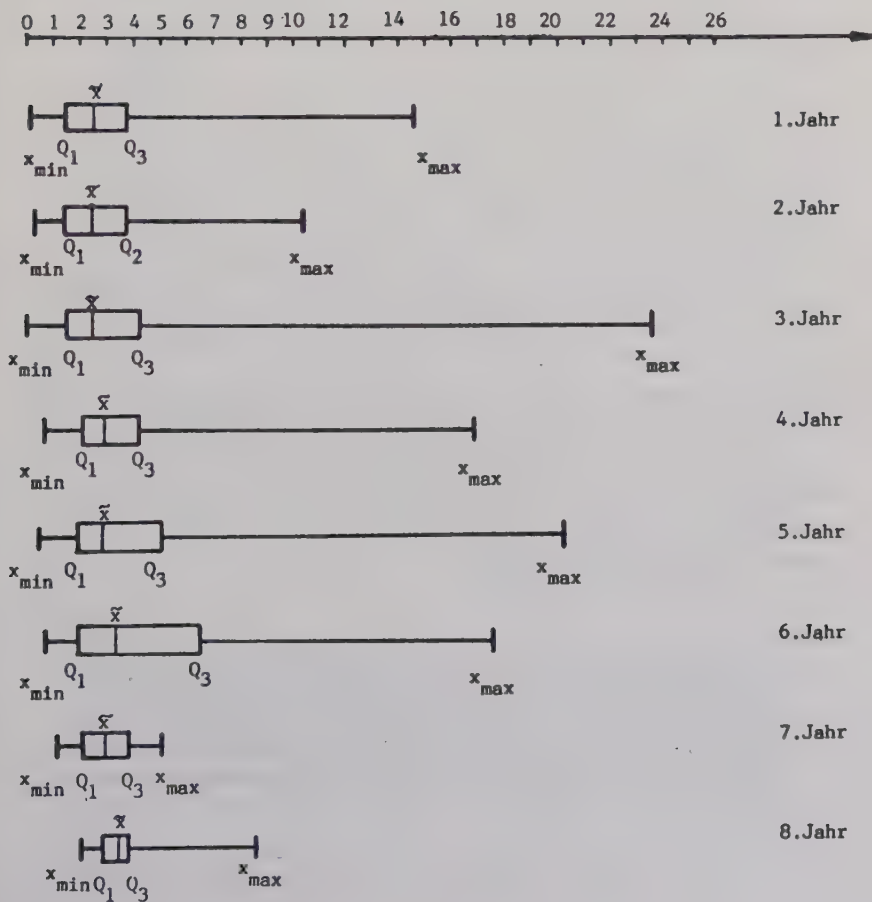
Altersgruppe	$\tilde{x} - Q_1$	$Q_3 - \tilde{x}$	Form der Verteilung
1. Jahr	86,30	128,00	linkssteil
2. Jahr	97,86	136,67	linkssteil
3. Jahr	97,14	165,08	linkssteil
4. Jahr	79,42	130,51	linkssteil
5. Jahr	90,63	226,87	linkssteil
6. Jahr	151,50	325,00	linkssteil
7. Jahr	85,00	85,00	symmetrisch
8. Jahr	50,00	42,25	rechtssteil

Abb. 12.1.:

Darstellung der klassierten Eosinophilen-
zahlen mittels Box-and-Whisker-Plots

$x_{\min}$: kleinster Stichprobenwert
 $x_{\max}$: größter Stichprobenwert
 $\bar{x}$: Median
 Q_1 bzw. Q_3 : erstes bzw. drittes Quartil

Eosinophile $\times 10^3/\text{mm}^3$



V. DISKUSSION

1. Einflüsse der Geburt

Die Leukozytose, Lymphopenie, Neutrophilie und Eosinopenie, die sich auch während der Trächtigkeit¹⁾ verfolgen lassen, sind am Tage der Geburt am deutlichsten ausgeprägt und als Folge des Geburtsstresses zu verstehen. Vierzehn Tage nach der Geburt erreichen die veränderten Blutwerte ihren alten Stand (ULLREY et al., 1965; ANOSA und OGBOGU, 1979; MERRIL und SMITH, 1954; STRAUB et al., 1959).

Während die meisten Autoren die Geburtseinflüsse direkt an einer Herde von Mutterschaften - die allerdings recht unterschiedlichen Altersgruppen angehörten - untersuchen konnten, war das Datenmaterial vorliegender Arbeit nicht darauf angelegt, die Geburtseinflüsse im besonderen studieren zu können, denn die Daten waren bei Routineuntersuchungen gesammelt worden. Dies begründet auch die Tatsache, daß einige statistische Tests nur mit Einschränkungen hatten durchgeführt werden können. Zudem waren zu wenig Mutterschaften gleichen Alters vorhanden, und es waren auch die Zeitraster *vor* und *nach* einer Geburt zu grob (nämlich in monatlichen Abständen), als daß die von oben genannten Autoren festgestellten Blutbildveränderungen hätten direkt erfaßt werden können. Daher wurde der Einfluß der Geburt in vorliegender Arbeit *indirekt* nachgewiesen. Es sollen hier die verschiedenen Einzelergebnisse aus unterschiedlichen Kapiteln in übersichtlicher Form noch einmal wiedergegeben werden:

1) Trächtige Schafe, die nach ULLREY et al. (1965) auch schon eine Tendenz zur Neutrophilie, Lymphopenie und Leukozytose aufweisen, wurden in vorliegender Arbeit nicht eliminiert, da sonst keine nennenswerten Stichprobenumfänge übrig geblieben wären. Auch dient ein Mutterschaft der Reproduktion, so daß es eigentlich unmöglich ist, ein Blutbild nichtträchtiger Schafe zu erstellen.

- a) Durch die Berechnung der Regressionsgeraden, sowohl mit als auch ohne Lammungsdaten, kann der von anderen Autoren postulierte Geburtseinfluß auch für das vorliegende Datenmaterial nachgewiesen werden: Der Vorgang der Geburt hat eine Leukozytose, Lymphopenie und Neutrophilie zur Folge. Einflüsse auf das Eosinophilensystem wurden nicht untersucht. Mit Hilfe des Signifikanztests - Vergleich zweier Regressionsgeraden auf Gleichheit - läßt sich allerdings keine Signifikanz feststellen: Der Geburtseinfluß scheint somit keinen schwerwiegenden Einfluß auf das Blutbild zu haben (vgl. Tab. IV.7.5.), sofern größere Zeiträume und nicht der Lammungstag allein betrachtet werden.

Allerdings muß der Hinweis beachtet werden, daß dieser Test (vgl. Kap. IV.7.3.) streng genommen so nicht durchgeführt werden darf, da keine unabhängigen Stichproben vorliegen. Weil aber keine Population nicht-trächtiger Schafe neben einer zu vergleichenden Population trächtiger Mutterschafe zur Verfügung stand, sollte dieser Test eine Standortbestimmung über einen möglichen Geburtseinfluß geben.

- b) Der Einfluß der Lammungen scheint besonders auf die Neutrophilen durchzuschlagen, was die unterschiedlichen Ergebnisse der Vergleiche Nr. 3 und Nr. 5 in den Tabellen IV.9.1.a) und IV.9.1.b) deutlich machen. In diesem Sinne ist auch Tabelle IV.8.2. zu werten: Während bei den Texel- und Milchschaften der Einfluß der Neutrophilie dominiert, herrscht bei den Merinoschafen eine Lymphopenie vor, was die fehlende bzw. kaum nachweisbare Leukozytose¹⁾ bei eben dieser Rasse erklären kann. Dieses unterschiedliche rasseabhängige Verhalten des Geburtseffektes kann mit der anatomischen Gestaltung des knöchernen Schädels bei den einzelnen

1) S. auch Kap. IV.7.3., IV.8.1. sowie Kap. IV.12.2.

Schafressen erklärt werden: Im Gegensatz zu der relativ schlanken Kopfform der Merinoschafe können der breite Schädel der Texelschafe bzw. die ausgeprägten Jochbögen bei den Milchschaften zu einem größeren Geburtshindernis und somit zu einem verstärkten Geburtstreß führen.

- c) Werden die Lammungsdaten nicht mehr mitberücksichtigt, so verkleinert sich der Wert der gepoolten Standardabweichung bei Lymphozyten und Neutrophilen (vgl. Tab. IV.11.1.). Da die Verkleinerung eines Stichprobenumfanges nicht unbedingt eine Reduktion der Standardabweichung zur Folge hat, spricht diese Verringerung der gepoolten Standardabweichung doch für einen Einfluß der Geburt: Die Beobachtungswerte der Altersgruppen sind der Größe nach geordnet, d.h. die niedrigen Werte finden sich am oberen Ende der Beobachtungsreihe und die hohen Werte am unteren Ende. Da sich nun die gepoolte Standardabweichung nach Streichung der Lammungsdaten verkleinert, bedeutet dies in der Mehrzahl aller Fälle einer Geburt, daß sich die Lymphozytenzahlen der betreffenden Schafe am oberen Ende der Beobachtungsreihe (Lymphopenie) und die Neutrophilenzahlen am unteren Ende der Meßwertreihe (Neutrophilie) befunden haben müssen: die Streichung der Geburtsdaten (Eliminierung von "Extremwerten") führt zu einer Verringerung der Streuung der Einzelwerte um den Gruppenmittelwert und letztendlich auch zu der festgestellten Reduktion der gepoolten Standardabweichung¹⁾.

1) Weniger einheitlich ist dieses Verhalten bei der Leukozytenfraktion: Die Streichung der Geburtsdaten führt bei den Leukozyten der Merinoschafe zu einer Reduktion der gepoolten Standardabweichung, bei den Texel- und Milchschaften hingegen läßt sich eine Zunahme derselben feststellen. Da in Tab. IV.8.1.b.) und IV.8.1.c) eine Leukozytose (wenn auch nicht als statistisch signifikant) nachgewiesen werden konnte, muß die Zunahme der gepoolten Standardabweichung durch Effekte der Stichprobenreduktion überlagert sein.

- d) Eine weitere Folge dieser Reduktion der gepoolten Standardabweichung ist, daß der Normbereich für weibliche Schafe ohne Lammungsdaten enger gefaßt wird und die obere 99%-Toleranzgrenze tiefer liegt (vgl. Kap. IV.11. und Tab. A.7. - A.9.).

2. Die Mittelwertkurven und das lineare Regressionsmodell

SCHULZE et al. (1958) konnten bei ihren Untersuchungen eine erhebliche Anzahl von Schafen mit einem "granulozytären Blutbild" ausmachen. Diese Befunde decken sich nicht mit den Ergebnissen in der Literatur, wonach beim Wiederkäuer ein lymphozytäres Blutbild vorherrscht (KLEIN und BROICHER, 1938; STRAUB, 1956; ROSENBERGER, 1964; SCHEUNERT und TRAUTMANN, 1976).

In vorliegender Arbeit zeigen die Mittelwertkurven der Leukozyten und Lymphozyten einen synchronen Verlauf und liegen außerdem recht dicht beieinander, während die Neutrophilen viel tiefer liegen und ein zu den Lymphozyten entgegengesetztes Verhalten (spiegelbildliche Symmetrie) aufweisen. Die Kurve der Leukozyten wird also eindeutig vom Verlauf der Lymphozyten geprägt und nicht von den Neutrophilen; es liegt beim Schaf mithin ein "lymphozytäres Blutbild" vor. Den unregelmäßigen Verlauf der Mittelwertkurven sowie die negative Korrelation zwischen den Lymphozyten- und Neutrophilenprozentwerten des Differentialblutbildes konnten auch STRAUB (1956) an jungen Kälbern und ULLREY et al. (1965) an Schafen nachweisen. Diese negative Korrelation ist weniger eine biologische Besonderheit, sondern eher die Folge der Differentialblutbildzählung, bei der lediglich 100 bzw. 200 Zellen differenziert werden. Ist der Lymphozytenprozentwert hoch, muß als Folge der Prozentsatz der Neutrophilen entsprechend niedriger sein (oder umgekehrt).

Die für die Mittelwertkurven in Kap. IV.4. beschriebenen

rassen- und geschlechtsunabhängigen Gemeinsamkeiten waren der Anlaß, eine Zweiteilung der Kurvenabschnitte vorzunehmen: der "erste Lebensabschnitt" umfaßt die ersten fünf Monate, der "zweite Lebensabschnitt" beginnt dann mit dem sechsten Lebensmonat. Weiterhin lassen die Mittelwertkurven erkennen, daß die Lymphozyten spätestens am 5. Monat ihren höchsten Wert erreicht haben. Danach folgt ein Lymphozytenabfall und erst einige Zeit später folgt ein neuer Höhepunkt. Die Ergebnisse der Varianzanalyse und des Scheffé-Tests in Kap. IV.5. rechtfertigen diese Zweiteilung: Bei männlichen und weiblichen Tieren aller untersuchten Rassen waren die Mittelwerte der Lymphozyten am Tage der Geburt signifikant am niedrigsten. Für die Mittelwerte der Leukozyten und Neutrophilen war diese Regelmäßigkeit nicht gegeben. Es sei darauf hingewiesen, daß ein Vergleich des niedrigsten mit dem höchsten Lymphozytenwert anhand der Abb. 4.1. - 4.6. nicht unbedingt auch ein signifikantes Testergebnis des Scheffé-Tests zur Folge hat: die Phase des Lymphozytenanstiegs bei jungen Schafen ist also nach fünf Monaten abgeschlossen. Bei den Neutrophilen hingegen kommt es nach der Geburt sofort zu einem Abfall, dem "Granulozytensturz der Neugeborenen" (LEONHARDT, 1977). Die vorgenommene "statistische Zweiteilung der Lebensabschnitte" hat somit ihre Rechtfertigung und auch ihre biologische Bedeutung: Nach der Geburt erfolgt die Auseinandersetzung mit der Umwelt, was eine Beanspruchung und Reifung des Immunsystems und somit der Lymphozyten zur Folge hat; dies schlägt sich auch im Blutbild nieder. Für die Darstellung von Mittelwerten (der logarithmierten Beobachtungswerte) des "zweiten Lebensabschnittes" wurde das lineare Regressionsmodell gewählt: Bei dem wechselhaften Verlauf der Mittelwerte erschien eine präzise Voraussage des Mittelwertes in Abhängigkeit von der Zeit unmöglich. Gewiß hat die vereinfachende Arbeitshypothese, hier eine lineare Regressionsgerade anzuwenden, einen Informationsverlust zur Folge. Bei der Vorhersage eines Mittelwertes erhält man einen geschätzten Mittelwert

auf einer Geraden und nicht mehr den tatsächlich gemessenen Wert auf der empirisch gewonnenen Mittelwertkurve. Diese Arbeitshypothese bietet aber auch Vorteile:

- Die Gerade kann berechnet werden.
- Die Steigung der Geraden kann gemessen werden, und es können Aussagen über eine Altersabhängigkeit einzelner Blutfraktionen gewonnen werden. Gibt die Varianzanalyse lediglich über eine eventuell vorliegende Verschiedenheit der Mittelwerte Auskunft, so kann man am Vorzeichen der Regressionsgeraden erkennen, ob die Mittelwerte einer Blutfraktion im Alter steigen oder fallen.
- Es können Regressionsgeraden verschiedener Rassen oder unterschiedlicher Geschlechter miteinander verglichen werden.
- Die Berechnung von Toleranzgrenzen bei der wichtigen Bestimmung des Normbereiches gestaltet sich viel einfacher und genauer.

Das lineare Regressionsmodell hat seine Berechtigung deshalb, weil mittels der Linearitätsprüfung die Gültigkeit des Modells nachgewiesen werden kann. Es ist somit möglich, die Mittelwerte der Logarithmen einer Blutfraktion in eine lineare Beziehung zum Alter zu setzen.

PERMAN et al. (1970) fanden bei ihrer Untersuchung an Kühen, die mindestens zwei Jahre alt waren, auch eine lineare Beziehung zwischen den Mittelwerten der logarithmierten Lymphozyten und dem Alter. STRAUB, LORENZ et al. (1978) konnten die Befunde von PERMAN et al. (1970) an Rindern jedoch nicht bestätigen.

3. Die Abhängigkeit der Zahl der weißen Blutkörperchen vom Alter der Schafe

Über eine Abhängigkeit der Zahl der weißen Blutzellen vom Alter der Schafe besteht nur in seltenen Fällen Anlaß zum Zweifel. Lediglich über das Ausmaß dieser Abhängigkeit vom Alter und über die Art der betroffenen weißen Blutzellen werden von den Autoren verschiedene Angaben gemacht. Die Untersuchungen über die Abhängigkeit der Mittelwerte der logarithmierten Blutzellzahlen vom Alter der Schafe wurden in vorliegender Arbeit zweigeteilt:

3.1. Der erste Lebensabschnitt

Eine Altersabhängigkeit der Blutwerte von Schafen im ersten Lebensabschnitt (0.-5. Monat) ist für die Mittelwerte der logarithmierten Lymphozytenzahlen, unabhängig von Rasse und Geschlecht der Schafe, immer gegeben: Sie nehmen vom Tage der Geburt an zu; der Lymphozytenmittelwert am Tage der Geburt unterscheidet sich signifikant ($\alpha = 0,01$) von einem oder mehreren nachfolgenden Mittelwerten dieses Zeitabschnitts. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit sind die mittleren Leukozytenzahlen nur bei den männlichen Texelschafen vom Alter abhängig ($\alpha = 0,01$), die mittleren Neutrophilenzahlen nur bei den weiblichen ($\alpha = 0,01$) und männlichen ($\alpha = 0,05$) Merinoschafen. Im Unterschied zu den Lymphozyten zeigen also Leukozyten und Neutrophile keine strenge Altersabhängigkeit (vgl. Kap. IV.5.1.)¹⁾.

1) Neben der Gleichheit der Varianzen und der Normalverteilung der Beobachtungswerte ist für die Varianzanalyse die Unabhängigkeit der Stichproben Voraussetzung. Diese wird als gewährleistet erachtet, weil die Zeitintervalle genügend groß gewählt worden waren. Wie zudem die Abb. A.4. - A.7. deutlich machen, zeigen die Einzelwerte der Schafe einen unruhigen Verlauf, d.h. es gibt kein Schaf, dessen Beobachtungswerte ständig ein hohes bzw. niedriges Niveau aufweisen. Die Referenzschafe der Verlaufsuntersuchung (Abb. A.4. - A.7.) wurden durch Los bestimmt.

Diese Ergebnisse stimmen mit denen anderer Autoren, die das Blutbild von Lämmern untersucht haben, weitgehend überein. Ergeben sich nun Unterschiede hinsichtlich der Signifikanz der Ergebnisse, so liegt dies hauptsächlich an der gröberen Altersgruppeneinteilung, welche für die vorliegende Arbeit notgedrungen zu wählen war: UPCOTT et al. (1971) untersuchten das Blutbild von Lämmern vom Tage der Geburt an bis 40 Tage p.p. und sie stellten einen signifikanten Abfall der Neutrophilen am Tage der Geburt bis 10 Tage p.p. fest. Weiterhin kam es zu einem Lymphozytenanstieg, wobei sich das Verhältnis der Lymphozyten zu den Neutrophilen zugunsten der Lymphozyten veränderte. Zu ähnlichen Ergebnisse hinsichtlich der Altersabhängigkeit kommen auch KLEIN und BROICHER (1938) sowie REDA und HATHOUT (1957) und ULLREY et al. (1965).

3.2. Der zweite Lebensabschnitt

Die Altersabhängigkeit der Mittelwerte der logarithmierten Zahlen der weißen Blutzellen von Schafen im zweiten Lebensabschnitt (ab dem 6. Monat) wurde mittels des linearen Regressionsmodells nachgewiesen.

a) Für die weiblichen Schafe lauten die Ergebnisse:

- aa) Die mittleren Leukozyten- und Lymphozytenzahlen nehmen bei den Merinoschafen mit zunehmendem Alter ab, die mittleren Neutrophilenzahlen hingegen steigen an (vgl. Tab. IV.8.1.a)).
- ab) Bei den Texelschafen läßt sich nur für die mittleren Lymphozytenzahlen eine Altersabhängigkeit nachweisen, wobei den Lammungsdaten ein gewisser Einfluß zuzuschreiben ist (vgl. Tab. IV.8.1.b)).
- ac) Alle drei Blutfraktionen der Milchschafe weisen keine Abhängigkeit vom Alter mehr auf (sie verfügen allerdings über die geringste Anzahl von Altersgruppen; vgl. Tab. IV.8.1.c)).

- ad) Die mittleren Leukozyten- und Lymphozytenzahlen von HÜBNER'S Schwarzkopfschafen (HÜBNER, 1971) fallen mit zunehmendem Alter ab; die Neutrophilenzahlen dagegen sind altersunabhängig (vgl. Tab. IV.8.1.d)). Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Beobachtungszeitraum erst ab dem 12. Lebensmonat beginnt und der Einfluß eventuell niedrigerer Neutrophilenmittelwerte noch früherer Zeitabschnitte nicht zum Tragen kommt, d.h. die Altersunabhängigkeit der Neutrophilenzahlen muß nicht unbedingt ein rassenspezifisches Merkmal sein. Neben den Neutrophilenzahlen sind auch noch die Eosinophilenzahlen unabhängig vom Alter der Schafe.
- b) Bei den relativ geringen Zeiträumen, die bei den *männlichen* Schafen zur Verfügung stehen, kann für alle drei Blutfraktionen keine Altersabhängigkeit nachgewiesen werden (vgl. Tab. IV.8.3.).
- c) Da zwischen männlichen und weiblichen Schafen keine geschlechtsgebundenen Unterschiede bezüglich des weißen Blutbildes gefunden wurden, werden die logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen männlicher und weiblicher Schafe einer Rasse zu einer gemeinsamen geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden zusammengefaßt:
- ca) Werden die Lammungsdaten gleichzeitig mitberücksichtigt, so entspricht das Verhalten der neuen geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden bezüglich der Altersabhängigkeit der weißen Blutwerte dem Verhalten der Regressionsgeraden der nur weiblichen Tiere.
- cb) Werden die Lammungsdaten jedoch nicht mehr mit einbezogen, so ändert sich die Signifikanz des Steigungsverhaltens der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden (vgl. Tab. IV.10.5.); die Blutwerte männlicher Schafe scheinen auf dieses Ein-

fluß zu nehmen. Es konnte jedoch gezeigt werden, daß dieser Effekt einerseits auf einer Vergrößerung der Stichprobenumfänge der jüngeren Altersgruppen - denen die männlichen Schafe durchweg angehören -, andererseits auf einer gleichzeitigen Verringerung der Stichprobenumfänge älterer Schafe durch die Herausnahme der Lammungsdaten beruht.

- d) Für die Merino- und Texelschafe konnte in Tab. IV.9.5. gezeigt werden, daß sich eine Altersabhängigkeit der weißen Blutzellen der weiblichen Tiere erst im höheren Alter (ungefähr ab zwei Jahren) manifestiert. Die Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafe verlaufen vom 6. Monat bis zum 26. Monat auf einem "Plateau" (sofern das lineare Regressionsmodell zur Beschreibung der Mittelwerte herangezogen wird), dessen Werte sich mit der Zeit nicht signifikant ändern.

Abschließend können folgende Aussagen über die Altersabhängigkeit der Mittelwerte der logarithmierten Zahlen der weißen Blutzellen von Schafen des zweiten Lebensabschnittes gemacht werden:

- Die Altersabhängigkeit manifestiert sich, wenn überhaupt, erst im höheren Alter (ab ca. 2 Jahren), wie für die Merino- und Texelschafe gezeigt werden konnte.
- Tritt eine Altersabhängigkeit auf, so muß sich diese nicht notwendigerweise auf alle drei Blutfraktionen erstrecken (Beispiel: Texel- und Schwarzkopfschafe).
- Nicht alle Schafrassen zeigen überhaupt eine Altersabhängigkeit bezüglich ihrer Blutzellzahlen (Beispiel: Milchschafe). Da die Milchschafe die geringste Anzahl von Altersgruppen aufweisen und Beobachtungen zu späteren Zeitpunkten nicht vorliegen, kann die Altersunab-

hängigkeit der weißen Blutkörperchen als rassenspezifisches Merkmal eine scheinbare sein.

Diese Tatsachen scheinen auch eine Erklärung dafür zu sein, warum so viele Autoren zu solch unterschiedlichen Ergebnissen kommen, wenn es um die Altersabhängigkeit geht: PERMAN et al. (1970) postulieren, daß die Eosinophilen unabhängig vom Alter seien, während STRAUB, LORENZ et al. (1978) zu genau entgegengesetzten Ergebnissen kommen. Die Altersabhängigkeit der Mittelwerte der weißen Blutkörperchen hängt auch von der Einteilung der Altersgruppen ab. Werden die Zeitintervalle zu grob gefaßt, so kann eine Altersabhängigkeit möglicherweise nicht mehr erkannt werden (BOSS et al., 1979; GRUNSELL, 1955). Ebenso kann die Zusammenfassung verschiedener Rassen bei Untersuchungen über den Einfluß des Alters auf das weiße Blutbild eine echte Altersabhängigkeit durch potentielle rassenbedingte Unterschiede verschleiern (BOSS et al., 1979; ULLREY et al. 1965). Mancher Autor gibt seine Ergebnisse bezüglich einer Altersabhängigkeit der Lymphozyten oder Neutrophilen in Prozentwerten an, ein anderer Autor wiederum in absoluten Zahlen. STRAUB, LORENZ et al. (1978) weisen nach, daß die absoluten Neutrophilenwerte selbst nicht altersabhängig sind, wohl aber die Prozentwerte der Neutrophilen. Ein ähnliches Ergebnis finden FLENSBURG und WILLEBERG (1976) für die Lymphozyten: Nach ihren Angaben sind die Prozentwerte der Lymphozyten ein schlechter Indikator für die absolute Blutzellenzahl derselben. NIEPAGE (1974) weist darauf hin, daß für die Beurteilung der Zellsysteme die absoluten Zahlen der Zellarten berechnet werden müssen. Aus diesem Grunde wird in vorliegender Arbeit nur mit den absoluten Zahlen gerechnet, weil eben nur diese eine endgültige Aussage über den Blutstatus erlauben.

4. Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild von Schafen

Zwischen den weiblichen Merino- und Texelschafen können bis zu einem Alter von fünf Monaten keine rassebedingten Unterschiede der weißen Blutzellzahlen nachgewiesen werden, wohl aber zwischen Milchschafen einerseits und Merino- und Texelschafen andererseits. Die männlichen Schafe im Alter bis zu fünf Monaten zeigen keine rassespezifischen Unterschiede. Da die Lymphozytenzahlen, wie in Kap. IV.4. gezeigt wurde, wesentlich den Kurvenverlauf der Leukozytenzahlen mitbestimmen, wurde auf eine spezielle Untersuchung der Leukozyten verzichtet. Es wird jedoch davon ausgegangen, daß auch bei den Leukozytenzahlen keine rassegebundene Unterschiede vorliegen.

Im zweiten Lebensabschnitt werden dann bei den männlichen Tieren der verschiedenen Rassen Unterschiede bezüglich der Lymphozytenzahlen erkennbar, allerdings nur auf dem 10%-Niveau, wofür die geringen Stichprobenumfänge pro Altersgruppe und die geringe Altersgruppenanzahl verantwortlich sein können.

Bei den weiblichen Schafen finden sich rassegebundene Unterschiede im zweiten Lebensabschnitt (vgl. Tab. IV.9.1.a) und IV.9.1.b)): Die Merinoschafe beispielsweise unterscheiden sich von Texel-, Milch- und Schwarzkopfschafen bezüglich aller drei Blutfraktionen. Der Einfluß der Lammungsdaten auf diese Ergebnisse wurde schon diskutiert.

Aus den durchgeführten Vergleichen zwischen den einzelnen Rassen bezüglich des weißen Blutbildes lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Zumindest für Merino- und Texelschafe gilt, daß sich rassebedingte Unterschiede bezüglich des weißen Blutbildes erst in höherem Alter manifestieren, da im ersten Lebensabschnitt diese Unterschiede noch nicht vorhanden sind (s. Kap. IV.6.) und auch nach den in

Kap. IV.9.3. (s. Tab. IV.9.4.) durchgeführten Regressionsvergleichen rassebedingte Unterschiede nur bei den Neutrophilenzahlen auf dem 5% Niveau nachzuweisen sind, wohingegen nach Tab. IV.9.1. deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Rassen auftreten, sofern alle zur Verfügung stehenden Altersgruppen in die Regressionsvergleiche eingebracht werden. Somit können sich neben der Altersabhängigkeit auch an die Rasse gebundene Unterschiede im weißen Blutbild erst im höheren Alter bemerkbar machen.

- Rassebedingte Unterschiede müssen sich nicht notgedrungen auf alle drei Blutfraktionen erstrecken. So können Rassen hinsichtlich ihrer Leukozyten- und Lymphozytenzahlen übereinstimmen, sich jedoch bezüglich ihrer Neutrophilenzahlen unterscheiden.
- Die Aussagen über rassebedingte Unterschiede hängen natürlich auch von der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit ab.

Diese Ergebnisse erklären die unterschiedlichen Angaben über rassegebundene Unterschiede hinsichtlich des weißen Blutbildes in der Literatur: HOLMAN (1944) fand bei seinem Untersuchungsmaterial keine Unterschiede zwischen den Rassen, wohingegen BOSS et al. (1979) und CHIBOKA und THOMAS (1981) solche feststellen konnten.

FLensburg und WILLEBERG (1976) postulierten Unterschiede zwischen den verschiedenen Rinderrassen für die Lymphozytenzahlen. STRAUB, LORENZ et al. (1978) hingegen nur für die Neutrophilen- und Eosinophilenzahlen.

Die in Kapitel IV.9. durchgeführten Rassenvergleiche hinsichtlich des weißen Blutbildes erfolgen nicht nur nach dem Zufallsprinzip (Gruppenvergleich), sondern sie sind auch eine willkürliche Auswahl (Vergleich zweier Rassen), um die bei den Gruppenvergleichen festgestellten Unterschiede nachher an einzelnen Rassen festmachen zu können. Obgleich dem Verfasser bewußt ist, daß gegen die Aufsplittung der Ver-

gleiche nur dann nichts einzuwenden wäre, wenn für die einzelnen Vergleiche jeweils neue Daten über die einzelnen Rassen vorlägen, wollte er auf den Informationsgehalt der Einzelvergleiche nicht verzichten.

5. Geschlechtsbedingte Unterschiede in der Zahl der weißen Blutzellen und Einflüsse der Jahreszeit

Es kann festgestellt werden, daß bei allen drei untersuchten Rassen keine Abhängigkeit vom Geschlecht ersichtlich wird; allerdings beschränkt sich diese Aussage auf ein Lebensalter vom 6. Monat bis zum 2. Jahr, weil ältere männliche Schafe nicht zur Verfügung standen.

Für die männlichen und weiblichen Merino- und Texelschafe wurde eine Angleichung der Untersuchungszeitpunkte vorgenommen (6.-26. Monat; s. Kap. IV.9.3.), aber auch für diesen Zeitpunkt ergaben sich keine geschlechtsbezogenen Unterschiede im weißen Blutbild.¹⁾

Die gefundenen Ergebnisse aber decken sich mit denen von HOLMAN (1944) und - mit Einschränkung - mit denen von BOSS et al. (1979). GRANZIEN (1968) stellte geschlechtsgebundene Unterschiede bei Herefordrindern nur für die Altersgruppe der Ein- bis Zweijährigen fest. LORENZ und STRAUB (1976) fanden in einzelnen Altersklassen bei Rindern Unterschiede zwischen den Geschlechtern, die aber nicht durchweg signifikant waren und sich auch nicht bei allen Rassen nachweisen ließen. Die Autoren äußerten zudem die Vermutung, daß geschlechtsbedingte Unterschiede mit zunehmendem Alter verschwinden.

Bei bis zu 6 Monate alten Milchschaften konnten Unterschiede

1) Ob sich überhaupt geschlechtsbedingte Unterschiede im späteren Lebensabschnitt manifestieren, müßte durch weiterführende Untersuchungen gezeigt werden.

aufgrund des Geschlechts nachgewiesen werden, die sich jedoch im zweiten Lebensabschnitt dieser Rasse nicht mehr nachweisen ließen. Auch STRAUB (1956) fand bei Kälbern geschlechtsbezogene Unterschiede in der ersten Lebenswoche. HOLMAN (1955) kritisiert den Vergleich zwischen Kühen und Bullen, da für beide unterschiedliche Haltungsbedingungen, und somit verschiedene Umweltbedingungen, vorlägen. Nun mögen solch unterschiedlichen Haltungsbedingungen für Rinder zutreffen, für die Schafe des Tübinger Instituts aber kaum.

Unterschiede im Blutbild einer Rinderpopulation der gleichen Rasse gibt es in verschiedenen Beständen einer Ortschaft (STRAUB und LORENZ, 1976). Die Autoren vermuten, da erst die Wechselbeziehungen zwischen Rasse und Umwelt signifikante Abweichungen im Blutbild zur Folge haben und dies führt sie zum Begriff der "breed-units": Rinder der gleichen Rasse in verschiedenen geographischen Breiten weisen "Rassen"-Differenzen auf (STRAUB, LORENZ et al., 1978). Als eigentliche Ursachen für die von einigen Autoren postulierten jahreszeitlichen Einflüsse auf das weiße Blutbild machen LORENZ und STRAUB (1976) die Umweltbedingungen verantwortlich. Auch HOLMAN (1944) fand für das weiße Blutbild keine jahreszeitlichen Einflüsse.

Solche Schwankungen aber wollen RAHMAN und AHMED (1974) sowie ØVERÅS (1969) gefunden haben: Die Leukozytenwerte des Sommers liegen über denen des Winters; letztere sind von allen Werten der vier Jahreszeiten am niedrigsten.

Allerdings mag diese Erklärung eher in der Methodik als in den jahreszeitlichen Einflüssen zu suchen sein, denn das Alter der Tiere ist weit gestreut (6. Monat bis 6 Jahre bzw. 3-7 Jahre). Auch verwenden beide Autoren nicht die Logarithmen, so daß also wenige Extremwerte das arithmetische Mittel beeinflussen können. Interessant ist bei ØVERÅS (1969) die Differenz der Leukozytenwerte im März (5180 ± 1120) und im April (3570 ± 1000) bei gleicher Fütterung. Wenn solche Schwankungen innerhalb kurzer Zeit auftreten, stellt sich die Frage, inwieweit Aussagen über

jahreszeitliche Schwankungen überhaupt gemacht werden können.

Auch bei JONES und KREBS (1972) sind jahreszeitliche Schwankungen bei den Leukozytenmittelwerten beträchtlich (die höchsten Werte fanden sich im Februar!), obwohl die Schafe derselben Rasse, demselben geographischen Umfeld sowie derselben Altersgruppe angehören und zudem männlichen Geschlechts sind. Eine mögliche Erklärung liegt wohl darin, daß die Schafe schon eine Woche nach Anlieferung bzw. eine Woche nach der Entwurmung "geblutet" wurden, so daß sich das Blutbild noch nicht vom Streß der Umstellung und dem vorhandenen Parasitenbefall "erholen" konnte.

Es bleibt festzuhalten, daß die Angaben bezüglich der saisonalen Einflüsse sehr widersprüchlich sind¹⁾. Zudem greifen diese Autoren nicht auf ein Modell zur Schätzung der Stichprobenmittelwerte - sei es auf eine lineare Regressionsgerade oder eine Exponentialfunktion - zurück, was zusätzlich als Erklärung bei den bekannten Schwankungen der empirischen Mittelwertkurven für die unterschiedlichen Mittelwertangaben herangezogen werden kann.

Untersuchungen auf saisonale Einflüsse am eigenen Datenmaterial bleiben ausgespart, da dieses, wie schon an anderen Stellen erwähnt, für eine solche spezielle Untersuchung nicht geeignet war.

1) S. Literaturübersicht in der vorliegenden Arbeit.

6. Die Untersuchungstechnik

Die Verwendbarkeit des elektronischen Zellzählgeräts wurde zunächst optimistisch bewertet und als der Zählkammer weit überlegen angesehen, weil hier der menschliche Faktor ausgeschlossen schien (MAIBAUER; 1961; WIEGAND, 1962; SCHEUNERT und TRAUTMANN, 1976).

LORENZ und STRAUB (1976) fanden jedoch bei ihrer nationalen Rinderstudie erhebliche Meßwertschwankungen bei ein und demselben Tier, obwohl den verschiedenen Laboratorien einheitliche Eichvorschriften vorgegeben waren. In ihrer internationalen Vergleichsstudie konnten STRAUB, LORENZ et al. (1978) schließlich folgende Ursachen für die erheblichen Schwankungen der elektronisch gezählten Meßergebnisse der verschiedenen Laboratorien verantwortlich machen:

- a) Dem Blutstabilisator muß ein gewisser Einfluß zuerkannt werden, ebenso der Lagerungszeit.
- b) Bei der Eichung der elektronischen Zählgeräte gibt es einen großen Spielraum bezüglich der Festlegung des Schwellenwertes, da die Eichkurven ein großes Plateau aufweisen.
- c) Die automatische Verdünnungsvorrichtung ist eine der Hauptursachen für die erheblichen Schwankungen zwischen den einzelnen Zählgeräten.

So kommt also wie bei der Zählkammer zu einer technischen Fehlergröße doch noch ein menschlicher Faktor hinzu, den man ausgeschaltet zu haben glaubte. Wird daher auf die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse verschiedener Laboratorien Wert gelegt, so ist der Zählkammer der Vorzug zu geben. Die Meßwerte der Kammer liegen allerdings im allgemeinen etwas niedriger als die des Coulter Counters (STRAUB, LORENZ et al., 1978).

Diese mangelnde Zuverlässigkeit des Coulter Counters mag für jene erheblichen Schwankungen, welche bei den Untersuchungen von KREBS und JONES (1972) aufgetreten sind, mitverantwortlich sein.

Auch kann bei der Auswertung von Differentialblutbildern die verwendete Methode für die unterschiedlichen Meßergebnisse eine Rolle spielen: Viele Autoren des angelsächsischen Sprachraumes berufen sich auf die Differenzierungsmethode nach SCHALM (1965)¹⁾.

GRANZIEN (1968) arbeitete nach der Methode von DACIE (1958), HOLMAN (1944) nach der von SCHILLING (1929). Nach SILBERSTERN (1932) reichern sich die Leukozyten am Rande und am Ende eines Ausstriches an, was für HÜBNER (1971) der Anlaß war, die Leukozyten im Endstreifen des Ausstrichs zu differenzieren, während in der BFA die Leukozyten im Seitenstreifen des Präparats differenziert wurden (nach MacGREGOR et al. (1940). Dies stimmt übrigens mit der Forderung von NIEPAGE (1974) überein, die Durchmusterung des Präparates im "randfreien Seitenstreifen" vorzunehmen.

7. Der Einfluß des Blutentnahmestresses auf das weiße Blutbild

Eine nicht auszuschließende Verfälschung des weißen Blutbildes findet bei der Blutentnahme statt. Verschiedene Autoren haben den Einfluß des Blutentnahmestresses nachgewiesen (GOHARY, 1978; MERRIL und SMITH, 1954). Andere Autoren wiederum belegen mit ihren Untersuchungen, daß das Schaf für Blutbildveränderungen durch den Blutentnahmestress wenig empfänglich ist (NICOLAU et al. 1972; KOLB und FÜRL, 1973). Zudem konnte GOHARY (1978) zeigen, daß in den ersten beiden Minuten des Fixationsstresses das Blutbild mit Ausnahme der Eosinophilen nicht verändert wird.

1) z.B. THEILEN (1967), RAHMAN und AHMED (1974) sowie ANOSA und OGBOGU (1979).

Die Blutentnahmen in der BFA erfolgten immer ohne Verwendung einer mechanischen Stauhilfe, sondern lediglich durch Stauung der Vena jugularis mit dem Daumen. Dies bedeutet, daß ein schonendes Vorgehen bei der Blutentnahme unerlässlich ist, um dem wahren Leukozytenwert eines Schafes nahe-zukommen. Weiterhin ist zu beachten, daß es sich bei den untersuchten Schafen der verschiedenen Autoren um domestizierte Tiere handelt und nicht um Wildschafe (s. McDONALD et al., 1981) und es ist durchaus denkbar, daß der Effekt einer Konditionierung sich nicht nur auf den Hämatokrit (vgl. ANOSA und ISOUN, 1978), sondern auch auf das weiße Blutbild auswirkt. Ein solcher Gewöhnungseffekt liegt dann nahe, wenn Blutentnahmen recht häufig und über längere Zeit (wie in der BFA) vorgenommen werden.

Sollte es aufgrund der Blutentnahmen doch zu Blutbildveränderungen kommen, so ist dieser Fehler bei den verschiedenen Autoren zumindest qualitativ derselbe.

8. Die Häufigkeitsverteilungen der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Schafen einer Altersgruppe

Der Frage nach der Verteilung der Blutwerte innerhalb einer Altersgruppe wurde in vorliegender Arbeit eine nicht unwesentliche Bedeutung zuerkannt, da nach den vorliegenden Literaturangaben v.a. beim Schaf darüber immer noch keine Übereinkunft erzielt werden konnte: JONES und KREBS (1972) stellten fest, daß die absoluten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Schafen einer Altersgruppe eine Abweichung von der Normalverteilung aufweisen (und rechnen dennoch mit absoluten Werten); nach BICKHARDT und KÖNIG (1985) sind die (nichtlogarithmierten) Beobachtungswerte weißer Blutzellen normalverteilt, was auch TOLLE (1965) beim Rind annahm. PAULSEN et al. (1974) wiederum rechneten mit den Logarithmen. Die Untersuchungsergebnisse verschiedener Autoren, die sich mit eben genannter Frage auseinandergesetzt haben, finden sich in Tabelle A.10. des Anhangs. Neben THEILEN et al. (1967) und PERMAN et al. (1970) waren es vor allem LORENZ und STRAUB (1976), die beim Rind den mathematischen Nachweis für die Normalverteilung der logarithmierten Beobachtungswerte der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Rindern einer Altersgruppe erbrachten. Damit folgen also die nichtlogarithmierten Beobachtungswerte einer sogenannten "Lognormalverteilung"¹⁾. Um nun für die Schafe einer Altersgruppe zu prüfen, ob die absoluten Beobachtungswerte oder deren Logarithmen einer Normalverteilung folgen, wurden sowohl die absoluten Werte als auch deren Logarithmen dem Lilliefors-Test (vgl. Kap. IV.1.) unterworfen. Es kommt zu folgenden Aussagen:

1) Dies ist eine linkssteile Häufigkeitsverteilung, die nach der Transformation der absoluten Beobachtungswerte in deren Logarithmen in eine Normalverteilung überführt werden kann.

- a) Die logarithmierten Lymphozyten- und Neutrophilenwerte einer Altersgruppe sind normalverteilt (genau formuliert: es spricht nichts gegen eine Normalverteilung) und zwar für alle untersuchten Rassen beiderlei Geschlechts. Daraus folgt, daß die absoluten Werte dieser beiden Blutfraktionen einer Lognormalverteilung bzw. einer linkssteilen Häufigkeitsverteilung folgen.
- b) Die Ergebnisse der Tab. IV.1.1. lassen ein unterschiedliches Verhalten der logarithmierten Leukozyten bei männlichen und weiblichen Schafen erkennen:
 - Bei weiblichen Schafen aller drei Rassen sind die log. Leukozyten mit der Annahme einer Normalverteilung sehr gut verträglich.
 - Die Verträglichkeit der log. Leukozyten mit einer Normalverteilung ist bei den männlichen Merino- und Texelschafen weniger gut¹⁾.
 - Auch für die Schwarzkopfschafe (HÜBNER, 1971) mit ihren großen Stichprobenumfängen konnte überzeugend nachgewiesen werden, daß die log. Leukozyten und log. Lymphozyten normalverteilt sind²⁾.

Im Rahmen der Untersuchung über die Verteilungsfrage der Blutwerte einer Altersgruppe konnte auch die Unabhängigkeit der Standardabweichungen vom Alter für die Logarithmen³⁾

-
- 1) Ob sich dahinter jedoch ein geschlechtsspezifisches Verhaltensmuster verbirgt, müßte durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden.
 - 2) Für die Neutrophilenzahlen wurde der Lilliefors-Test nicht durchgeführt, da eine Normalverteilung genügend zuverlässig mit eigenem Datenmaterial nachgewiesen werden konnte.
 - 3) Zumindest für die weiblichen Merino- und Texelschafe sowie für die männlichen Texel- und Milchschafe kann festgehalten werden, daß auch die Standardabweichungen der absoluten Werte mit der Annahme einer Altersunabhängigkeit verträglich sind. Auf die höheren f -Werte sowie die größere Streuung der s_y -Werte in Abb. 3.1. im nichtlogarithmischen System y_i wurde in Kap. IV.3. hingewiesen. Deshalb sind die $s_{\log y_i}$ -Werte mit der Annahme der Altersunabhängigkeit $\log y_i$ besser verträglich.

nachgewiesen werden (Kap. IV.3.). Eine Sonderstellung nehmen die männlichen Merinoschafe ein: War die Regressionsgerade der Standardabweichungen der logarithmierten Leukozyten ($RG_{s_{\log y_i}}$) vom 0.-26. Monat noch abhängig von der Zeit, so ist sie es vom 6.-26. Monat nicht mehr. Die Altersabhängigkeit der $RG_{s_{\log y_i}}$ vom 0.-26. Monat kann durch die hohen $s_{\log y_i}$ -Werte der ersten Altersgruppen erklärt werden, was einer starken Streuung der Einzelwerte um ihren Mittelwert entspricht; dies läßt sich anhand der Tab. A.5. überprüfen.

STRAUB, LORENZ et al. (1978) fanden beim Rind eine Altersabhängigkeit der Standardabweichungen der absoluten Beobachtungswerte sowie die Altersunabhängigkeit der Standardabweichungen der logarithmierten Beobachtungswerte. Diese Altersunabhängigkeit der Streuung bei logarithmierten Werten einer Altersgruppe fanden auch PAULSEN et al. (1974) bei den Lymphozyten.

Diese Ergebnisse weisen auf die biologische Erklärung hin, daß die Streuung der (nichtlogarithmierten) Einzelwerte bei älteren Tieren abnimmt. Abb. 11.4. zeigt anhand der absoluten Lymphozytenwerte, daß in den höheren Altersgruppen die Streuungsbreite der Einzelwerte nicht mehr ganz so stark ausgeprägt ist wie beim jungen Tier. Nach NIEPAGE (1961) ist die große Variationsbreite beim jungen Tier (Kalb) durch die unterschiedliche Entfaltung des Blutsystems zu erklären, STRAUB (1956) deutet sie mit einer Labilität des leukopoetischen Systems bei Jungtieren, das auf äußere und innere Reize mit heftigen Reaktionen antwortet. Daß die immunologische Reifung beim Schaf vor allem in den ersten fünf Lebensmonaten stattfindet, konnte in vorliegender Arbeit gezeigt werden.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, daß die Regressionsgeraden der Standardabweichungen der log. Werte zwischen verschiedenen Rassen gleich sind (Kap. IV.6.).

Als letzter Punkt, der die Tab. IV.11.1. betrifft, sei noch folgendes angemerkt: Die gepoolte Standardabweichung der log. Leukozyten (Leu) weist bei allen Rassen beiderlei Ge-

schlechts den niedrigsten Wert auf. Den höchsten Wert besitzt die gepoolte Standardabweichung der log. Neutrophilen (Neu). Dazwischen liegt die der log. Lymphozyten (Ly). Dieser Sachverhalt läßt sich übrigens am Datenmaterial von LORENZ und STRAUB (1976) bestätigen. Da die gepoolte Standardabweichung einer Rasse als mittlere Standardabweichung der Streuungen der i-ten Altersgruppe ($s_{\log y_i}$) aufzufassen ist, muß für die Mehrzahl der Fälle gelten:

$$s_{\log y_i}^{\text{Leu}} < s_{\log y_i}^{\text{Ly}} < s_{\log y_i}^{\text{Neu}}, \text{ was}$$

sich anhand Tab. A.5. bestätigen läßt.

Weiter fällt ins Auge, daß für die Mehrzahl der Fälle die Verhältnisse bei den Standardabweichungen der absoluten Blutwerte (s_{y_i}) genau umgekehrt ist (s. GRANZIEN, 1968; PAULSEN et al., 1974):

$$s_{y_i}^{\text{Leu}} > s_{y_i}^{\text{Ly}} > s_{y_i}^{\text{Neu}}.$$

Danach weisen die Einzelwerte der Neutrophilen die geringste Streuung innerhalb einer Altersgruppe auf, was auf ihre strenge linkssteile Häufigkeitsverteilung zurückzuführen ist (Tab. A.10.). Durch das Logarithmieren kommt es dann zur Umkehrung der Verhältnisse: Während die Neutrophile im nichtlogarithmierten System ein homogenes Verhalten aufweisen, sind es im logarithmischen System die Lymphozyten.

9. Die Präsentation von Mittelwerten und der Einfluß von Extremwerten (Ausreißer)

Viele Autoren lassen die linkssteile Häufigkeitsverteilung der Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen unberücksichtigt und geben zur Charakterisierung ihrer Untersuchungsergebnisse das arithmetische Mittel an. Dieses aber ist lediglich zur Beschreibung symmetrisch - eingipfliger Verteilungen geeignet, da es bei linkssteilen Verteilungen zu weit rechts auf Seiten "überzufälliger Häufigkeiten" (NIEPAGE, 1974) liegt, d.h. dem Wert nach zu hoch ist. Für schiefe (eingipflige) Verteilungen wäre der Median geeigneter (BENNINGHAUS, 1982).

Die überzufälligen Häufigkeiten kommen auch durch den Einfluß von "Extremwerten" zustande: So können einige wenige Tiere mit einer veränderten gesundheitlichen Reaktionslage entscheidenden Einfluß auf den arithmetischen Mittelwert der gesamten Stichprobe nehmen und dann eventuell sogar signifikante Unterschiede (z.B. Rassenunterschiede) zu den Mittelwerten anderer Schafpopulationen hervorrufen. Deshalb gilt die Forderung, wenn schon mit den absoluten Werten gerechnet wird, so sollte anstatt des arithmetischen Mittels der Median angegeben werden. Anders ist die Situation, wenn die Logarithmen der Beobachtungswerte, welche normalverteilt sind, untersucht werden. Bei Normalverteilungen fallen Median, Modalwert und arithmetischer Mittelwert zusammen, da die Verteilung eingipfelig-symmetrisch ist und eine Verzerrung des arithmetischen Mittels in Richtung höherer Werte nicht stattfindet. Zudem erlangen hohe Extremwerte durch den Vorgang des Logarithmierens nicht den "verzerrenden" Einfluß, den sie sonst bei den absoluten Werten hätten. Um sich vor einem weiteren Einfluß von Extremwerten (Ausreißer) zu schützen, welche für eine veränderte gesundheitliche Reaktionslage eines Probanden sprechen und somit nicht mehr die "Norm" repräsentieren, wurden in vorliegender Arbeit verdächtige Werte mit dem Dixon-Test überprüft und ggf. ausgeschlossen.

Es bleibt also festzuhalten, daß zum Zwecke der Vergleichbarkeit von Mittelwerten mit den logarithmierten Beobachtungswerten gerechnet werden sollte, da man sich nicht gänzlich davor schützen kann, einen gewissen Anteil von Tieren mit veränderter Reaktionslage mitzuerfassen. So läßt sich beispielsweise auch nicht klären, ob die von GRANZIEN (1968) festgestellten - im Vergleich zu den Ergebnisse aus den USA oder Europa - höheren Lymphozytenwerte auf den Einfluß von "Extremwerten" (so die subklinischen Erkrankungen wie NIEPAGE, 1974, gezeigt hat) oder auf echte Rassenunterschiede oder auf die gänzlich anders gearteten Umweltbedingungen zurückzuführen sind; denn GRANZIEN zog das arithmetische Mittel vor.

10. Kriterien für die Wahl eines Normbereiches zur Beurteilung der Zahl der weißen Blutzellen von Schafen

Neben dem Einfluß der Untersuchungstechnik hat auch der Tatbestand der klinischen Gesundheit Einfluß auf die Meßergebnisse. Viele Autoren legen als Indikator für die Verläßlichkeit ihrer Untersuchungsergebnisse die klinische Gesundheit ihres Untersuchungsmaterials zugrunde: WEAVER (1974) prüfte seine Schafe mittels biochemischer Parameter. Seine Meßergebnisse wichen zum Teil, wenn auch nicht signifikant, von den Ergebnisse anderer Autoren ab. Dafür machte WEAVER chronische Krankheiten verantwortlich, die erst bei der Sektion sichtbar wurden, so z.B. chronische Arthritiden, Pleuritiden oder Fasciolose. WEAVER schloß weiter, daß eine "Leukozytose" als Indikator für "chronische septische Foki" (Abszesse, chronisch eitrige Prozesse) nicht geeignet sei, da mehr Tiere solche Prozesse bei der Schlachtung aufwiesen als intra vitam die entsprechenden Blutbildveränderungen zeigten.

NIEPAGE (1974) erstellte die Häufigkeitsverteilung der Neutrophilenmittelwerte von 501 sogenannten "klinisch gesunden" Hunden (sämtliche Werte waren der Literatur entnommen).

Für diese Neutrophilenmittelwerte ergab sich eine linkssteile Verteilung und keine Normalverteilung, wie es für eine Mittelwertverteilung nach dem zentralen Grenzwertsatz zu erwarten gewesen wäre (BODE, 1977). Daraus folgt nach NIEPAGE (1974), daß ein nicht unerheblicher Teil der für die Normbestimmung ausgewählten Hunde nicht ganz gesund gewesen sein muß. Ein weiteres Beispiel für das Kriterium "klinische Gesundheit" entstammt dem eigenen Untersuchungsmaterial: Bei einer ersten Durchführung des Lilliefors-Tests (nur für die log. Beobachtungswerte einer Altersgruppe) wurden im Gegensatz zu den später durchgeführten Tests (vgl. Kap. IV.1.) nur "serologisch positiv" reagierende Schafe (z.B. nach Leukoseübertragungsversuchen) von der Untersuchung ausgeschlossen. Gemäß der späteren Übereinkunft wurden alle Blutwerte gleich nach einer registrierten Manipulation vom Referenzbereich ausgeschlossen. Die Ergebnisse der Tab. A.11. zeigen auch, daß in Folge der weniger strengen Ausschlußmethode in erheblich mehr Fällen eine Normalverteilung der Daten abgelehnt werden mußte, als dies bei den später durchgeführten Lilliefors-Tests der Fall war (vgl. Tab. IV.1.1.), d.h. die in die Untersuchung eingegangenen Schafe waren durch die in Kap. III.1. angesprochenen Manipulationen "hämatologisch verunreinigt", lange bevor diese Verunreinigungen serologisch erkannt werden konnten und dann erst zum Ausschluß führten.

HOLMAN (1944) fand bei seinen Schafen ein Verhältnis der Prozentwerte der Neutrophilen zu den Lymphozyten von 24/67, bei den Schafen von FRASER (1930) lag das Verhältnis bei 39/52 und FOURIE (1931) gab für dieses Verhältnis den Quotienten 33/62 an. Dies nahm HOLMAN als Hinweis dafür, daß die Schafe von FRASER und FOURIE verwurmt waren. Dies erklärt möglicherweise auch, warum SCHULZE et al. (1958) bei 11 von 52 Schafen "granulozytäre Blutbilder" mit z.T. beträchtlicher Eosinophilie fanden.

Wie die Beispiele zeigen, schützt die sogenannte "klinische Gesundheit" nicht davor, daß sich Reagenten in das

Untersuchungsmaterial einschleichen und es unmöglich machen, den häufigsten Wert einer Verteilung zu treffen. Deshalb ist es notwendig, einen Normbereich zu schaffen, innerhalb dessen sich die "normal-reagierenden" Probanden befinden. Für *normalverteilte* Werte beträgt dieser Bereich $\bar{x} \pm 2s$ (NIEPAGE, 1974; HARPER et al., 1975; LORENZ, 1984). Werte, die außerhalb dieses Bereiches liegen, gelten als "pathologisch" (NIEPAGE, 1974; HARPER et al., 1975) bzw. begründen den Verdacht auf das Vorliegen einer Krankheit (LORENZ, 1984).

Nach GANONG (1974) und BICKHARDT und KÖNIG (1985) liegen pathologische Werte außerhalb des Bereiches $\bar{x} \pm 3s$. Der in dieser Arbeit zur Geltung kommende Normbereich entspricht der zweifachen Standardabweichung beiderseits des Mittelwertes normalverteilter Daten ($\bar{x} \pm 2s$). Wie in den Kapiteln III.2.13. und IV.11. ausgeführt, wurde der Normbereich an das lineare Regressionsmodell angeglichen. Die Aussagekraft des Normbereiches bezieht sich zunächst nur auf die logarithmierten Blutwerte, da diese einer Normalverteilung folgen. Erst die antilogarithmische Rücktransformation der oberen und unteren Toleranzgrenze des 95,44%-Normbereiches läßt eine Aussage auch für die absoluten Blutwerte zu.

Da in der Literatur kaum Angaben über eine Leukopenie gemacht werden¹⁾, war es dem Verfasser vorliegender Arbeit ein Anliegen, gemäß der Definition des 95,44%-Normbereiches obere und auch untere kritische Grenzen für noch normale Werte zu geben.

Die Bedeutung der Ausschlußwahrscheinlichkeit (Irrtumswahrscheinlichkeit) α wurde schon in Kapitel III.2.13. erörtert.

1) Für eine Agranulozytose wird der Wert 1000/mm³ angegeben, vgl. EIKMEIER (1980).

11. Der Leukoseschlüssel

Obwohl seit 1980 zur Erkennung einer Leukose serologische Nachweisverfahren herangezogen werden, bedeutet es für die vorliegende Arbeit eine logische Weiterentwicklung, neben dem Normbereich auch einen Leukoseschlüssel zu entwickeln. Zudem vertritt der Verfasser die Auffassung, daß die mit der enzootischen Leukose des Schafes einhergehenden Blutbildveränderungen auch quantitativ von der Norm abgegrenzt werden sollten¹⁾. Daß die Beurteilungskriterien eines Leukoseschlüssels von der Natur nicht vorgegeben sind, erklärt die unterschiedliche Festlegung desselben, je nachdem welche Forderungen der jeweilige Autor an "seinen" Leukoseschlüssel stellt (s. Tab. A.12.) So kann STRAUB (1987) auf 6 verschiedene Leukoseschlüssel verweisen.

Bei einer hämatologischen Beurteilung mittels eines Leukoseschlüssels treten zwei Arten von Fehlklassifikationen auf:

- a) Der Fehler erster Art (falsch-positiv): In Wahrheit leukosefreier Tiere werden als leukoseverdächtig bzw. leukosekrank eingestuft (wie es z.B. bei Infekten, Mastitiden o.ä. der Fall sein kann).
- b) Der Fehler zweiter Art (falsch-negativ): Leukosekranke Tiere werden irrtümlich als gesund klassifiziert (z.B. infolge einer nur zeitweise ausgeprägten Lymphozytose oder gar bei der aleukämischen Form der Leukose).

Die Größe eines Fehlers erster Art kann durch die Wahl der Ausschluß-bzw. Irrtumswahrscheinlichkeit α festgelegt werden,

1) Nach Einführung der serologischen Diagnostik wird z.B. in Lehrbüchern auch nicht auf die Darstellung pathologischer Veränderungen infolge einer Leukose verzichtet.

was jedoch für die Größe des Fehlers zweiter Art nicht möglich ist, da die Lymphozytenverteilung leukosekranker Tiere selbst unbekannt ist. Daraus folgt, daß das Risiko, einen Fehler zweiter Art zu begehen, nur über das bekannte Risiko eines Fehlers erster Art gesteuert werden kann. Diese Überlegungen sind natürlich sinngemäß auch auf den Normbereich zu übertragen.

In vorliegender Arbeit wird die obere 97,7%-Toleranzgrenze, welches die obere Begrenzungslinie des Normbereiches ist, und die obere 99%-Toleranzgrenze zur Beurteilung einer Lymphozytose beim Schaf herangezogen. Damit folgt der Verfasser vorliegender Arbeit den bei vielen Leukoseschlüsseln verwendeten dreiteiligen Klassifikationsschemata: "normal", "leukoseverdächtig" und "leukosekrank". Für Schafe mit unbekanntem Gesundheitsstatus bedeutet dies, daß Lymphozytenwerte unterhalb der 97,7%-Toleranzgrenze als "normal" angesehen werden. Befinden sie sich zwischen der oberen 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze, so gelten sie als "mäßig erhöht" (bzw. "leukoseverdächtig"), liegen sie schließlich oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze, so werden sie als "stark erhöht" (bzw. "leukosekrank") eingestuft. Diese Einteilung hat eine Ausschlußwahrscheinlichkeit von $\alpha = 2,3\%$ bzw. $\alpha = 1\%$ zur Folge. Für die gesunden Referenzschafe bedeutet dies, daß bei 2,3% bzw. 1% der Tiere eine Fehlklassifikation vorgenommen wird, indem sie irrtümlich als "verdächtig" bzw. "krank" erachtet werden. Mit der Wahl dieses Leukoseschlüssels wird der Forderung von LORENZ und STRAUB (1976) nach einer stärkeren Würdigung eines Fehlers zweiter Art Rechnung getragen, der nur gesenkt werden kann, wenn das Risiko eines Fehlers erster Art erhöht wird (vgl. Kap. III.2.13.).

Die Berechnung der Toleranzgrenzen erfolgt ab dem 6. Lebensmonat mit Hilfe der gepoolten Standardabweichung und des linearen Regressionsmodells, wodurch größere Schwankungen der Toleranzgrenzenberechnung vermieden werden konnten.

In Kap. IV.11. wurden die rassenspezifischen Leukoseschlüssel für die Merino-, Texel- und Milchschafe vorgestellt und ihre Gültigkeit nachgewiesen. Da jedoch ein Leukoseschlüssel für eine jede Rasse kaum praktikabel ist, wurde in Anlehnung an den EG-einheitlichen Leukoseschlüssel für Rinder (STRAUB, LORENZ et al., 1978) ein einheitlicher Leukoseschlüssel für mehrere Schafrassen angestrebt. Diese Berechnung unterliegt natürlich einem gewissen Fehler, da nachweislich gewisse geringgradige rassebedingte Unterschiede bestehen. Doch wird dieser Umstand aus Gründen der Praktikabilität bewußt in Kauf genommen. Es zeigt sich, daß der gemeinsame Leukoseschlüssel für Schwarzkopf- und Merinoschafe zu wenig streng ist, da die obere 99%-Toleranzgrenze zu hoch liegt. Bei den Texel- und Milchschaften hingegen liegt die Toleranzgrenze zu niedrig, der Schlüssel ist also zu streng.

Bis heute steht der Beurteilung von Schafen nur ein Leukoseschlüssel zur Verfügung, nämlich der von PAULSEN et al. (1974), welcher auf der Grundlage von Schwarzkopfschafen berechnet wurde.

Daß dieser Leukoseschlüssel für die Rassen vorliegender Arbeit zu streng ist, konnte in Kap. IV.11. gezeigt werden. Der einheitliche Leukoseschlüssel wurde unter Zusammenfassung aller Rassen (auch Schwarzkopfschafe) beiderlei Geschlechts berechnet. Da keine Signifikanz bezüglich eines Geburtseinflusses (s. Tab. IV.7.5.) festzustellen war, wurden die Lammungsdaten in die Berechnung mit einbezogen¹⁾.

Bei der Überprüfung des rasseneinheitlichen Leukoseschlüssels zeigt sich, daß die theoretisch festgelegte Ausschlußwahrscheinlichkeit α (Sollwert) mit dem Anteil der tatsächlich ausgeschlossenen Beobachtungspunkte (Istwert) ober-

1) Für die Population der Schwarzkopfschafe wurden bezüglich der Geburtsdaten keine Angaben gemacht. Es erscheint jedoch zweifelhaft, daß bei 394 weiblichen Schafen keine Lammungsdaten miterfaßt sein sollten.

halb der Toleranzgrenzen übereinstimmt. Bei einem α von 2,3% liegen 2,9% der Beobachtungen zwischen der oberen 97,7%- und 99%-Toleranzgrenze. 1,2% der Beobachtungen liegen oberhalb der oberen 99%-Toleranzgrenze, wenn $\alpha = 0,01$ beträgt (s. Tab. IV.11.3. und Abb. 11.4.). Schließlich soll noch hervorgehoben werden, daß dieser Leukoseschlüssel schon ab dem 6. Lebensmonat seine Gültigkeit besitzt (vgl. GÖTZE et al., 1954; STRAUB, 1956).

Das Ziel bei der Festlegung der Toleranzgrenzen war, einen strengen Leukoseschlüssel zu schaffen, um den Fehler zweiter Art möglichst gering zu halten. Dies war auch der Grund, warum die drei Milchschafe Nr. 335, 401 und 708 (Kap. IV.10.) von der Berechnung der Toleranzgrenzen ausgeschlossen wurden, obwohl diese drei Schafe nicht als Ausreißer nach DIXON identifiziert werden konnten. Durch diese drei Extremwerte¹⁾, welche nach dem PAULSENSCHEN Leukoseschlüssel weit im leukotischen Bereich lägen, würden die Toleranzgrenzen relativ hoch angesetzt und damit das Risiko für einen Fehler zweiter Art bei den Schafen mit unbekanntem Gesundheitsstatus nach Ansicht des Verfassers zu stark erhöht.

GÖTZE et al. (1954) und STRAUB (1956) konnten wegen der starken Streuungen der Einzelwerte bei Kälbern bzw. Jungtieren die Zuverlässigkeit ihres verwendeten Leukoseschlüssels nicht bestätigen. Obwohl der oben vorgestellte Leukoseschlüssel schon ab dem 6. Lebensmonat seine Gültigkeit besitzt, sollten auch für noch jüngere Schafe Orientierungshilfen gegeben werden. Da sich Merino- und Texelschafe beiderlei Geschlechts hämatologisch einheitlich

1) Diese drei Extremwerte stehen entweder für Rasseneigentümlichkeiten der Milchschafe oder, was wahrscheinlicher ist, für unerkant gebliebene Reizzustände. Auch NIEPAGE (1961) fand bei "gesunden" Rindern stark erhöhte Lymphozytenwerte ohne erkennbare Ursache. Ähnliches kann man am Datenmaterial HOLMANS (1944) beobachten.

behandeln ließen, wurde für die Schafgruppe ein gemeinsamer 95,44%-Normbereich und eine gemeinsame obere 99%-Toleranzgrenze für jede Altersgruppe berechnet. Bei den Milchschaafen, die sich bezüglich des weißen Blutbildes signifikant von den anderen Rassen unterscheiden, wurde auf die Einbeziehung in die Gruppe der Merino- und Texelschafe verzichtet und zudem - wegen der bestehenden geschlechtsgebundenen Unterschiede bei den weißen Blutzellen - kein eigener Normbereich berechnet.

Auf die Konstruktion einer Ausgleichskurve zur Schätzung der empirischen Mittelwerte der Logarithmen wurde - im Gegensatz zum linearen Regressionsmodell des zweiten Lebensabschnitts - verzichtet, da man diese nach Augenmaß hätte zeichnen müssen und man sie deshalb als zu ungenau erachtete. Stattdessen wurden für jede Altersgruppe der Normbereich und die obere 99%-Toleranzgrenze getrennt berechnet. Durch die Multiplikation der Standardabweichung der jeweiligen Altersgruppe mit den Faktoren $c_{\alpha} = 2,0$ bzw. $c_{\alpha} = 2,3$ verstärkt sich der Einfluß der Streuungen, welche bei jüngeren Tieren stärker ausgeprägt ist als bei älteren. Um die daraus resultierenden stärkeren Schwankungen der oberen 99%-Toleranzgrenzen etwas zu mildern, wurde auf das Verfahren der "gleitenden Toleranzgrenzen" zurückgegriffen, das auch, wie Abb. 11.5. zeigt, einen glättenden Einfluß erkennen läßt. Es ist jedoch zu beachten, daß dieses Verfahren ein Zugeständnis an die Praxis bedeutet, da zwischen den Lymphozytenmittelwerten innerhalb einer Rasse signifikante Unterschiede bestehen.

Nach BEHRENS (1979) treten Symptome einer Leukose bei Schafen erst nach ca. 3 Jahren auf. Dennoch hat ein Leukoseschlüssel für Jungtiere wegen eines möglichen vertikalen Übertragungsweges durchaus eine gewisse Berechtigung. FISCHER und KEYSERLINGK-EBERIUS (1980) konnten nachweisen, daß schon Kälber in den ersten fünf Lebensmonaten aktiv Antikörper gegen das Leukosevirus entwickelten. Die beiden Autoren

beobachteten darüber hinaus bei gesunden Kälbern bis zu 22 Wochen nach der Geburt maternale Antikörper. Aufgrund dieser Beobachtungen ist in den ersten fünf Lebensmonaten die serologische Diagnostik nach Ansicht des Verfassers weniger gut geeignet.

Nach dem derzeitigen Stand der Leukoseforschung scheinen Antikörper viel früher aufzutreten als Blutbildveränderungen (PAULSEN und SCHLIESSER, 1977; STRAUB, 1978). Da sich in der Bundesrepublik die Leukosetilgung im Endstadium befindet, konnte ohne weiteres auf die inzwischen praktikabel gewordene serologische Diagnose zurückgegriffen werden, welche sich auch beim Schaf anwenden läßt, wie PAULSEN und SCHLIESSER (1977) gezeigt haben. Doch auch das serologische Diagnoseverfahren ist nicht frei von Fehlklassifikationen:

- a) Falsch-positive Ergebnisse kommen z.B. durch unterschiedliche Untersuchungsmaterialien, unterschiedliche Beurteilungen seitens des Personals sowie durch Mikroläsionen in den Agarplatten zustande (LORENZ und STRAUB, 1980; ZIMMERMANN und WERNEREY, 1981).
- b) Falsch-negative Ergebnisse sind die Folge niedriger Serumtiter infolge Kolostrum-Anbildung (BAUSE und SCHMIDT, 1980). ZIMMERMANN und WERNEREY (1981) berichten von einem Titerabfall positiver Reagenten in leukoseverseuchten Beständen, der bis zu 16 Monate dauern kann. Auch niedrige Serumtiter in überwachten Rinderbeständen können vom Immundiffusionstest nicht immer erkannt werden (LORENZ und STRAUB, 1980; MANZ und BAUER, 1985).

Die Folge solch falsch-negativer Beurteilung ist, daß der Virusträger unerkannt bleibt. Vor allem bei den von ZIMMERMANN und WERNEREY (1981) in Leukosebeständen gemachten Beobachtungen erscheint eine Kombination von serologischer

und hämatologischer Diagnose durchaus sinnvoll. Zudem hat STRAUB (1987) nachdrücklich darauf hingewiesen, den hämatologischen Status der Tiere bei der Leukoseüberwachung nicht zu vernachlässigen, da insbesondere die hämatologisch positiven Tiere für die Aufrechterhaltung der Infektkette, sei sie nun horizontal oder vertikal, verantwortlich zu machen sind.

Zusammenfassung

1. Ursprung des Datenmaterials

An der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere in Tübingen (BFA) wird seit 1970 eine Schafversuchsherde gehalten mit den Rassen Merinolandschaf, Ostfriesisches Milchschaaf und Texelschaf. Die Tiere werden in Gruppen zu maximal 15 Tieren in gut durchlüfteten Ställen mit Einstreu gehalten. Während der warmen Jahreszeit wird Grünfutter, während der kalten Heu gefüttert. Die Schafe werden in der Regel in monatlichen Abständen auf klinische Gesundheit untersucht. Außerdem werden dabei auch Blutproben genommen. Die vorliegende Arbeit erfaßte das weiße Blutbild von 249 Schafen, bei denen sich keine Anzeichen einer klinischen Erkrankung zum Zeitpunkt der Blutentnahme gezeigt hatten.

2. Bearbeitung des Datenmaterials

Bei der Auswertung wurden die Zahl der Leukozyten sowie die absoluten Zahlen der Lymphozyten und neutrophilen Granulozyten (Neutrophile) berücksichtigt. Eosinophile und basophile Granulozyten konnten wegen der geringen Zahl ihres Vorkommens statistisch nicht erfaßt werden; Angaben von HÜBNER (1971) über diese Granulozytenarten bei weiblichen Schwarzkopfschafen wurden deshalb in die Auswertungen einbezogen.

3. Statistische Methoden

Nachstehende Methoden wurden bei der Auswertung angewandt: Prüfung auf Normalverteilung nach Lilliefors; Ausreißertest nach Dixon; Prüfung von Standardabweichungen; Vergleich mehrerer Mittelwerte mit der einfachen Varianzanalyse und den linearen Kontrasten nach Scheffé; Berechnung der linearen Regressionsgeraden für gruppierte Daten; Prüfung

auf Linearität; Prüfung des Regressionskoeffizienten gegen Null; F-, t- und Welch-Test sowie der Box-and-Whisker-Plot.

4. Ergebnisse

4.1 Häufigkeitsverteilungen

Die Leukozytenzahlen und die absoluten Lymphozyten- sowie Neutrophilenwerte einer Altersgruppe sind nicht normalverteilt, wohingegen die Logarithmen der Einzelwerte einer Altersgruppe mit der Annahme einer Normalverteilung gut verträglich sind. Die Standardabweichungen der Logarithmen sind nahezu altersunabhängig, so daß bei der Berechnung des Normbereichs und des Leukoseschlüssels die sogenannte gepoolte Standardabweichung herangezogen werden konnte.

4.2 Einteilung in zwei Lebensalter

Bei der Auswertung ergab sich, daß es bis zum Alter von fünf Monaten zu einem kontinuierlichen Anstieg des Lymphozytenanteils der Leukozyten und damit der Gesamtleukozytenzahl kommt und anschließend zu einem durch Schwankungen gekennzeichneten Plateau, das sich im späteren Alter, bedingt durch niedrigere Werte, etwas neigt. Entsprechend werden zwei Lebensabschnitte - der erste bis zum 5. Lebensmonat, der zweite ab dem 6. Lebensmonat dargestellt.

4.2.1 Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen
in den ersten fünf Lebensmonaten (erster Lebensab-
schnitt)

Die Durchschnittszahlen dieser Blutzellen sind nachstehend zusammenfassend dargestellt:

Rasse	Geschlecht	Durchschnittszahlen pro µl der		
		Leukozyten	Lymphozyten	Neutrophilen
Merino- landschafe	weiblich	6 325 - 7 740	3 458 - 6 481	1 227 - 2 846
	männlich	4 463 - 6 800	3 075 - 5 529	1 212 - 2 368
Milch- schafe	weiblich	5 746 - 7 680	3 373 - 5 622	2 016 - 2 047
	männlich	6 468 - 9 680	3 669 - 8 361	1 282 - 2 762
Texel- schafe	weiblich	5 736 - 8 100	3 739 - 6 546	1 458 - 1 968
	männlich	5 173 - 10 575	3 033 - 9 151	1 348 - 2 068

Dabei ist die mittlere Lymphozytenzahl am Tage der Geburt signifikant am niedrigsten.

Rassebedingte Unterschiede im weißen Blutbild während des ersten Lebensabschnittes wurden bei den Ostfriesischen Milchschaften insofern ermittelt, als die Zahl der Leukozyten, allerdings nur bei den weiblichen Milchschaften, im 4. Monat und die Zahl der Lymphozyten im 1. und 4. Monat im Vergleich zu den Zellzahlen bei den anderen Rassen erhöht waren.

Geschlechtsgebundene Unterschiede in der Zahl der weißen Blutzellen wurden lediglich bei den Ostfriesischen Milchschaften gefunden, und zwar bezüglich der Lymphozytenzahlen im ersten und bezüglich der Neutrophilenzahlen im zweiten Lebensmonat.

4.2.2 Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen ab dem sechsten Lebensmonat (zweiter Lebens- abschnitt)

Die Mittelwerte dieser Blutzellen sind nachstehend zusammenfassend dargestellt:

Rasse	Geschlecht	Durchschnittszahlen pro μ l der		
		Leukozyten	Lymphozyten	Neutrophilen
Merino- landschafe	weiblich	5 425 - 8 325	3 115 - 6 358	999 - 2 718
	männlich	6 000 - 8 350	4 443 - 6 316	712 - 2 307
Milch- schafe	weiblich	6 800 - 11 337	3 181 - 9 282	816 - 5 087
	männlich	6 040 - 12 728	4 930 - 10 625	613 - 1 951
Texel- schafe	weiblich	6 000 - 9 045	3 377 - 6 815	926 - 3 389
	männlich	6 500 - 9 366	4 036 - 7 188	1 117 - 2 691

Rassegebundene Unterschiede im weißen Blutbild konnten anhand der Regressionsgeraden bei den weiblichen Tieren deutlich gemacht werden, und zwar bestehen stark signifikante Unterschiede ($\alpha = 0.01$) zwischen den Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der Merinoland-, Texel- und Ostfriesischen Milchschafe.

Werden die Ergebnisse der Untersuchungen von HÜBNER (1971) an Schwarzkopfschafen zum Vergleich herangezogen, so ergeben sich wiederum signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,01$) zwischen den Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der (weiblichen) Schwarzkopf-, Merinoland-, Texel- und Ostfriesischen Milchschafe.

Bei der Auswertung des weißen Blutbildes hinsichtlich rassegebundener Unterschiede bei männlichen Schafen läßt sich ein schwach signifikanter Unterschied ($\alpha = 0.10$) nur zwischen den Lymphozytenzahlen der Merinoland-, Texel- und Ostfriesischen Milchschafe feststellen.

Unterschiede im weißen Blutbild zwischen männlichen und weiblichen Tieren der Merinoland-, Texel- und Ostfriesischen Milchschafrassen wurden nicht ermittelt, so daß bei jeder Schafrasse die Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen und weiblichen Tiere zusammengefaßt und sogenannte geschlechtsunabhängige Regressionsgeraden berechnet werden konnten.

Streßbedingte Veränderungen

Im Zusammenhang mit der Geburt kam es in der Regel zu einer Leukozytose mit Lymphopenie und Neutrophilie. Auffallend war dabei die Beobachtung, daß bei den Texel- und Milchschaften die Neutrophilie besonders ausgeprägt war. Bei den Merinolandschaften fiel dagegen die Lymphopenie besonders auf. Sie hatte zur Folge, daß bei diesen Tieren auch die Gesamtleukozytenzahl in der Regel nicht wesentlich erhöht war. Die Ursache dafür dürfte in den unterschiedlichen anatomischen Schädelformen der Texelschafe und Ostfriesischen Milchschaften liegen, welche eine Geburt im Vergleich zu den Merinolandschaften erschweren können.

4.3 Aufstellen eines allgemeinen Leukoseschlüssels

Mit Hilfe der geschlechtsunabhängigen Regressionsgeraden sowie der gepoolten Standardabweichung konnten die obere und die untere Begrenzungslinie des 95,44 %-Normbereiches und die obere 99 %-Toleranzgrenze und somit ein Leukoseschlüssel für jede Rasse berechnet werden.

Obwohl gewisse Unterschiede im weißen Blutbild bei den verschiedenen Rassen - wie in den Tabellen dargestellt - existieren, wird in Anlehnung an die bisher bekannten Leukoseschlüssel und unter Berücksichtigung der in Tabelle IV.11.5. aufgeführten Werte ein allgemeiner Leukoseschlüssel für Schafe vorgeschlagen.

Der rassen- und geschlechtsunabhängige Leukoseschlüssel für alle über 5 Monate alten Schafe beruhend auf der oberen 97,7 %- und der 99 %-Toleranzgrenze der absoluten Lymphozytenzahlen der Merinolandschafe, Texelschafe, Milchschafe und Schwarzkopfschafe wird wie folgt festgelegt:

Lebensjahr	absolute Lymphozytenzahlen (1/ μ l)		
	Normbereich	mäßig erhöhter Bereich	krankhaft erhöhter Bereich
1	< 11 000	11 000 - 12 800	> 12 800
2	< 10 300	10 300 - 12 200	> 12 200
3	< 9 500	9 500 - 11 400	> 11 400
4	< 8 800	8 800 - 10 500	> 10 500
5	< 8 000	8 000 - 9 700	> 9 700
6	< 7 300	7 300 - 8 900	> 8 900
7			
und älter	< 6 900	6 900 - 8 000	> 8 000

Für Schafe des ersten Lebensabschnitts gelten nachstehende Angaben bezüglich der krankhaft erhöhten Lymphozytenzahlen:

Alter in Monaten	krankhaft erhöhter Bereich
0. - 0,5.	> 11 100
1.	> 11 300
2.	> 13 500
3.	> 13 500
4. - 5.	> 15 300

4.4 Zahl der eosinophilen Granulozyten

Bezüglich der Eosinophilenzahlen wurde auf das Datenmaterial von HÜBNER (1971) zurückgegriffen. Danach ist folgende Aussage möglich:

- eine Altersabhängigkeit der Eosinophilenzahlen kann nicht nachgewiesen werden.
- die Eosinophilenzahlen jeder Altersgruppe folgen einer linkssteilen Verteilungsform

Summary

Studies on the white blood cells of sheep using the model of linear regression-standard ranges and Leukosis key

1. Origin of data material

A flock of sheep composed of the breeds "Merinoland", East Friesian milk sheep and "Texel" has been kept at the Federal Research Institute for Virus Diseases (BFA) of Tübingen since 1970.

2. Processing of data material

In evaluating the data, the leukocyte number as well as the absolute figures of lymphocytes and neutrophile granulocytes were taken into account.

3. Statistical methods

The following methods were used for evaluation: Examination of normal distribution according to Lilliefors; analysis of extreme values (Outliers) according to Dixon; examination of standard deviations; comparison of several mean values with the analysis of variance and the linear contrasts according to Scheffé; calculation of a line of linear regression for grouped data; examination of linearity; examination of regression coefficient toward zero; F-, t-, and Welch-test as well as Box-and-Whisker plot.

4. Results

4.1. Distribution patterns

The leukocyte figures and the absolute lymphocyte and neutrophil values of one age group do not show a normal distribution pattern while the logarithms of the individual values of one age group might well be in agreement with the assumption of such a normal distribution pattern. The standard deviations of the logarithmized values are almost age-independent in such a manner that the so-called pooled standard deviation could be used in calculating the standard range and the leukosis key.

4.2 Division into two periods of life

The result of evaluation shows that there is a continuous rise of the lymphocyte share in the leukocytes, that is of the total number of leukocytes, up to the age of five months and subsequently a plateau which, characterized by variations, at a later age somewhat declines due to lower values. Correspondingly, two age periods will be represented: the first one extending up to the fifth month of life, the second one starting with the sixth month of life.

4.2.1 Figures of leukocytes, lymphocytes and neutrophils during the first five months of life (first period of life)

The mean values of these blood cells are listed below:

breed	sex	mean values (1/ μ l) of		
		Total Leukocytes	Lymphocytes	Neutrophils
"Merino-land" sheep	female	6 325 - 7 740	3 458 - 6 481	1 227 - 2 846
	male	4 463 - 6 800	3 075 - 5 529	1 212 - 2 368
East Friesian milk sheep	female	5 746 - 7 680	3 373 - 5 622	2 016 - 2 047
	male	6 468 - 9 680	3 669 - 8 361	1 282 - 2 762
"Texel" sheep	female	5 736 - 8 100	3 739 - 6 564	1 458 - 1 968
	male	5 173 - 10 575	3 033 - 9 151	1 348 - 2 068

In this context, the mean value of the lymphocytes found on the day of birth is significantly lowest.

Breed-dependent differences in the white blood count during the first period of life were determined in the East Friesian milk sheep inasmuch as the number of leukocytes was increased - but only with the female East Friesian milk sheep - in the 4th month, and the number of lymphocytes in the 1st and the 4th months as compared to the number of cells in other breeds.

Sex-dependent differences in the number of white blood cells were only found in the East Friesian milk sheep, more specifically, with respect to the lymphocyte figures during the first month of life, and with respect to the neutrophil figures during the second month of life.

4.2.2 Figures of leukocytes, lymphocytes and neutrophils
as from the sixth month of life (second period of
life)

The mean values of these blood cells have been summarized below:

breed	sex	mean values (μ l) of		
		Total Leukocytes	Lymphocytes	Neutrophils
"Merino-land" sheep	female	5 425 - 8 325	3 115 - 6 538	999 - 2 718
	male	6 000 - 8 350	4 443 - 6 316	712 - 2 307
East Friesian milk sheep	female	6 800 -11 337	3 181 - 9 282	816 - 5 087
	male	6 040 -12 728	4 930 -10 625	613 - 1 951
"Texel" sheep	female	6 000 - 9 045	3 377 - 6 815	926 - 3 389
	male	6 500 - 9 366	4 036 - 7 188	1 117 - 2 691

It was possible to define breed-dependent differences in the white blood count of the female animals by means of the line of linear regression. More specifically, there are differences of considerable significance ($\alpha = 0,01$) between the figures of leukocytes, lymphocytes, and neutrophils found in "Merinoland", "Texel", and the East Friesian milk sheep.

If a comparison is made with the results obtained by HÜBNER (1971) from the examinations he performed on black-headed sheep, again there are significant differences ($\alpha = 0.01$) between the figures of leukocytes, lymphocytes, and neutrophils found in the (female) black-headed, "Merino", "Texel", and the East Friesian milk sheep.

Observing the white blood cells of the male sheep, a not much striking difference ($\alpha = 0,10$) with respect to the Lymphocytes has been remarkable.

No differences at all were determined in the white blood count between the male and the female animals of the "Merinoland", "Texel", and the East Friesian milk sheep breeds. It was possible, therefore, to summarize the figures of leukocytes, lymphocytes, and neutrophils in the male and the female animals and also to calculate the so-called sex-independent lines of linear regression.

Stress-dependent changes

In connection with the birth, normally a leukocytosis, lymphopenia, and neutrophilia developed. It was striking to observe here that neutrophilia was particularly pronounced with "Texel" and milk sheep. With the "Merinoland" sheep, however, lymphopenia was especially obvious. As a consequence, the total number of Leukocytes normally was not much higher either.

4.3 Definition of a general leukosis key

By means of the sex-independent line of linear regression as well as of the pooled standard deviation, it was possible to define the upper and lower limit lines of the 95,44 % standard range and the upper 99 % tolerance limit, that is a leukosis key for each breed.

Although certain differences in the white blood count of the various breeds do exist, a general leukosis key for sheep shall be suggested, starting from the so far known leukosis keys and taking into account the values listed in table IV. 11.5:

age (years)	normal	absolute number of lymphocytes (1/ μ l)	
		suspicious	leukotic range
1	< 11 000	11 000 - 12 800	> 12 800
2	< 10 300	10 300 - 12 200	> 12 200
3	< 9 500	9 500 - 11 400	> 11 400
4	< 8 800	8 800 - 10 500	> 10 500
5	< 8 000	8 000 - 9 700	> 9 700
6	< 7 300	7 300 - 8 900	> 8 900
7 and older	< 6 900	6 900 - 8 000	> 8 000

For the first period of life, the following data concerning increased lymphocyte values falling within the leukocytic range shall apply.

age (months)	leukotic range
0. - 0,5.	> 11 100
1.	> 11 300
2.	> 13 500
3.	> 13 500
4. - 5.	> 15 300

4.4 Number of the eosinophile granulocytes

With respect to the eosinophile granulocytes, the data material of HÜBNER (1971) was taken as a basis which allows to make the following statement:

- It is not possible to prove any age-dependency of the eosinophile figures
- The eosinophile figures of each age group follow a left-hand steep form of distribution.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

- ANOSA, V.O. and T.T. ISOUN (1978):
Haematological studies on domestic animals in Nigeria.
I. Factors influencing the haematocrit of sheep and goats.
Zbl. Vet. Med. A, 25, 640-646.
- ANOSA, V.O. and D.A. OGBOGU (1979):
The effect of parturition on the blood picture of sheep.
Res. Vet. Sci. 26, 380-382.
- BAKER, D.W. (1933):
The Blood of Sheep.
Cornell University, Ithaca, N.Y.
(zit. nach HACKETT et al., 1957).
- BAUSE, I. und F.W. SCHMIDT (1980):
Zur Persistenz präzipitierender Antikörper im Blutserum leukoseinfizierter Rinder unter besonderer Berücksichtigung des Kalbezeitpunktes.
Tierärztl. Umschau 35, 642-649.
- BEHRENS, H. (1979):
Lehrbuch der Schafkrankheiten. 2. Aufl.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- BENDIXEN, H.J. (1960):
Untersuchungen über die Rinderleukose in Dänemark.
II. Pathogenese und Enzoootologie der übertragbaren Rinderleukose.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 67, 57-63.
- BENNINGHAUS, H. (1982):
Deskriptive Statistik. Statistik für Soziologen 1.
4. Aufl.
Verlag B.G. Teubner, Stuttgart.
- BICKHARDT, K. und G. KÖNIG (1985):
Blutmeßwerte von gesunden Mutterschafen der Merino- und Schwarzkopfrasse zur Zeit der Geburt (Referenzwerte).
Dtsch. tierärztl. Wschr. 92, 319-322.
- BODE, E. (1977):
Grundwissen der Statistik. 2. Aufl.
Verlag Ernst Reinhardt, München, Basel.
- BOSS, P.H., H. GERBER und P. TSCHUDI (1979):
Hämatologische und klinisch-chemische Untersuchungen bei Schweizer Schafrassen.
Schweiz. Arch. Tierheilkd. 121, 57-71.

- BRONSTEIN, J.N. und K.A. SEMENDJAJEW (1960):
Taschenbuch der Mathematik. 3. Aufl.
Verlag VEB Teubner, Leipzig.
- CHIBOKA, O. and K.D. THOMAS (1981):
Haematology of the crosses of West African dwarf rams
with Permer and their castrates.
Beitr. Trop. Landwirtschaft. Veterinärmed. 19, 461-465.
- DACIE, J.V. (1958):
Practical Hematology. 2nd ed.
Churchill, London.
(zit. nach GRANZIEN, 1968).
- DAY, C.A. and M.J. CORBEL (1974):
Haematological changes associated with Aspergillus
fumigatus infection in experimental myotic abortion of
sheep.
Br. J. Exp. Pathol. 55, 352-362.
- EIKMEIER, H. (1980):
Therapie innerer Krankheiten der Haustiere. 2. Aufl.
Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart.
- ENKE, K.H., M. JUNGnitz und M. RÖSSGER (1961):
Ein kasuistischer Beitrag zur lymphatischen Leukose
des Schafes.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 68, 359-364.
- FABER, H. v. und H. HAID (1972):
Endokrinologie.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FERGUSON, L.C., M.R. IRWIN and B.A. BEACH (1941):
The effect of Parturition on the Blood Picture of
Cows in Health and During Infection with Brucella abortus.
Am. J. Vet. Res. 2, 394-399.
- FERREIRA NETO, J.M. (1978):
Number of eosinophiles in sheep, in relation to the
diet and parasitism (Haemonchus contortus).
Arquivos da Escola de Veterinaria da Universidade
Federal de Minas Gerais 30, 2, 119-127.
- FISCHER, W. und M. von KEYSERLINGK-EBERIUS (1980):
Untersuchungen über das Verhalten von gegen das Virus
der enzootischen Rinderleukose (BLV) gerichteter
maternalen Antikörper im Blutserum von Kälbern und
Schlußfolgerungen für die tierseuchenrechtliche Be-
deutung.
Tierärztl. Umschau 35, 815-823.
- FLENSBURG, J. and P. WILLEBERG (1976):
Studies on Age Specific Leukocyte and Lymphocyte Counts
in Normal Frisian, Red Danish and Jersey Cattle in
Denmark.
Nord. Vet. Med. 28, 150-159.

- FOURIE, P.J.J. (1931):
(ohne Titel)
Rep. Direct. Vet. Res. Dept. Agric. Onder Step. S.
Africa 17, 495.
(zit. nach HOLMAN, 1944).
- FRASER, A.C. (1930):
(ohne Titel)
Rep. Inst. Anim. Path. Cambridge University 1, 114.
(zit. nach HOLMAN, 1944)
- FRASER, A.C. (1931):
A study of the blood of cattle and sheep in health and
disease.
Rep. Direct. Inst. Anim. Path. Cambridge 1, 114-204.
- GANONG, W.F. (1974):
Lehrbuch der Medizinischen Physiologie. 3. Aufl.
Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- GERHARDS, G. (1978):
Seminar-, Diplom- und Doktorarbeit. 3. Aufl.
Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart.
- GERHARTZ, H. (1961):
Qualitative Erfassung genormter Blutelemente mit
einem EEL-Blutkörper-Zählautomat.
Acta medicotechnica 4, 157-158.
- GESKE, H. (1927):
Die Blutausrüstung des gesunden Karakulschafes.
Vet. Med. Diss., Halle.
- GIERSBERG, H. (1972):
Hormone. 4. Aufl.
Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- GÖTZE, R.G., G. ROSENBERGER und G. ZIEGENHAGEN (1954):
Die Leukose des Rindes. Ihre hämatologische und
klinische Diagnose.
Mh. Vet.-Med. 9, 517-526.
- GOHARY, G.S. (1978):
Der Einfluß des Blutentnahmestresses auf einige Blut-
werte beim Schaf.
Vet. Med. Diss., Hannover
- GRANZIEN, C.K. (1968):
Leukocyte Values in Queensland Cattle.
Res. Vet. Sci. 9, 544-550.
- GRUNSELL, C.S. (1955):
Seasonal Variation in the Blood and Bone Marrow of
Scottish Hill Sheep.
J. Comp. Pathol. 65, 93-107.

- HACKETT, P.L., D.W. GAYLOR and L.K. BUSTAD (1957):
Blood Constituents in Suffolk Ewes and Lambs.
Am. J. Vet. Res. 18, 338-341.
- HAMRE, C.J. and M.H. AU (1942):
Hematologic Values for Normal Healthy Men 16 to
25 Years of Age.
J. Lab. Clin. Med. 27, 1231-1244.
- HARPER, H.A., G. LÖFFLER, P.E. PETRIDES und L. WEISS (1975):
Physiologische Chemie.
Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- HOLMAN, H.H. (1944):
Studies on the Hematology of Sheep. I. The Blood Picture
of Healthy Sheep.
J. Comp. Pathol. 54, 26-40.
- HOLMAN, H.H. (1955):
The blood picture of the cow.
Br. Vet. J. 111, 440-457.
- HÜBNER, D. (1971):
Untersuchungen über das weiße Blutbild bei Schafen;
ein Versuch zur Aufstellung eines Leukoseschlüssels.
Vet. Med. Diss., Gießen.
- JAKSCH, W. und E. GLAWISCHNIG (1981):
Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und
Hautkrankheiten der Haustiere. 2. Aufl.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- JONES, D.C.L. and J.S. KREBS (1972):
Hematologic Characteristics of Sheep.
Am. J. Vet. Res. 33, 1537-1540.
- KLEEBOEG, E. (1927):
Das Blutbild des gesunden Schafes.
Vet. Med. Diss., Halle, 1927.
- KLEIN, W. und C. BROICHER (1938):
Das Blutbild der Mutter und des säugenden Tieres.
Zschr. Züchtg. 40, 149-192.
- KOLB, E. und M. FÜRLI (1973):
Untersuchungen über die Veränderungen des Gehaltes an
eosinophilen Leukozyten, an Glucose, an freien Fett-
säuren, an Calcium und an Magnesium im Blut beim
Schaf im Verlaufe eines Tages und über die Beeinflus-
sung durch verschiedene Hormone (ACTH, Prednisolon,
Adrenalin).
Arch. Exp. Veterinärmed. 27, 165-183.

- KRÖLLING, O. und H. GRAU (1960):
Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere. 10. Aufl.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- LEONHARDT, H. (1977):
Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen.
5. Aufl.
Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- LOEFFLER, K. (1974):
Anatomie und Physiologie der Haustiere. 2. Aufl.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LORENZ, R.J. (1984):
Grundbegriffe der Biometrie.
Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, New York.
- LORENZ, R.J. (1985):
Schriftl. Mitteilung an den Verf.
- LORENZ, R.J. (1986):
Schriftl. Mitteilung an den Verf.
- LORENZ, R.J. und O.C. STRAUB (1976):
Untersuchungen über die Gültigkeit des Leukoseschlüssels auch für andere Rassen als Schwarzbuntes Niederungsvieh.
Zbl. Vet. Med. B, 23, 1-26.
- LORENZ, R.J. und O.C. STRAUB (1980):
Versuche über die Sensitivität und Reproduzierbarkeit des Immundiffusionstests zur Diagnose der Rinderleukose.
Tierärztl. Umschau 35, 576-5 2.
- LUEDKE, A.J. (1965):
Procedure for Counting Ovine Leukocytes by Electronic Means.
Am. J. Vet. Res. 26, 1249-1253.
- MacGREGOR, R.G.S., W. RICHARDS and G.L. LOH (1940):
The Differential Leukocyte Count.
J. Path. Bact. 51, 337.
(zit. nach SCHÄLM, 1961).
- MAIBAUER, D. (1961):
Erfahrungen mit dem Blutzählgerät "Celloscope".
Acta medicotechnica 4, 156-157.
- MANZ, D. und T. BAUER (1985):
Ergebnisse serologischer Untersuchungen auf enzootische bovine Leukose in Abhängigkeit vom Stand des staatlichen Bekämpfungsverfahrens.
Tierärztl. Umschau 40, 155-160.

- MAREK, J. und J. MOCSY (1960):
Lehrbuch der Klinischen Diagnostik der inneren
Krankheiten der Haustiere. 6. Aufl.
Verlag G. Fischer, Jena
- MCDONALD, S.E., S.R. PAUL and T.D. BUNCH (1981):
Physiologic and hematologic values in Nelson desert
bighorn sheep.
J. Wildl. Dis. 17, 131-134.
- THE MERCK VETERINARY MANUAL (1979):
A Handbook of Diagnosis and Therapy for the Veterinarian.
5th ed.
- MERRIL, W.G. and V.R. SMITH (1954):
A comparison of some cellular and chemical constituents
of blood at time of parturition and after administra-
tion of adrenocorticotropin.
J. Dairy Sci. 37, 546-551.
- MOBERG, R. (1953):
(ohne Titel)
Proc. XVth Int. Vet. Congress, 755,
(zit. nach GRANZIEN, 1968).
- MOBERG, R. (1955):
The White Blood Picture in Sexually Mature Female
Cattle with Special Reference to Sexual Conditions.
A Clinical and Experimental Study.
Thesis, Stockholm, Sweden.
- MÜLLER, F. (1926):
Der Einfluß der Haltung und Fütterung auf das quali-
tative und quantitative Blutbild gesunder Schafe.
Vet. Med. Diss., Berlin.
- NICOLAU, A., J. MAY und A. MARSCHANG (1972):
Der Einfluß wiederholter Blutentnahme auf einige Blut-
werte beim Schaf.
Zbl. Vet. Med. A, 19, 439-443.
- NIEPAGE, H. (1961):
Untersuchungen über das Differentialblutbild des
Rindes.
Zbl. Vet. Med. 8, 282-301 und 305-320.
- NIEPAGE, H. (1974):
Methoden der praktischen Hämatologie für Tierärzte.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- ØVERÅS, J. (1969):
Studies on Eperythrozoon ovis-infection in sheep.
Acta Vet. Scand. (Suppl.) 28, 7.

OSGOOD, E.E., J.E. BROWNLEE, M.W. OSGOOD, D.M. ELLIS and W. COHEN (1939):

Total Differential and Absolute Rates determined for Healthy Persons Nineteen Years of Age and Over.
Arch. Intern. Med. 64, 105-120.

PAULSEN, J., E. BEST, K. FREESE und R. RUDOLPH (1971):
Enzootische Lymphatische Leukose bei Schafen. Lymphozytose, pathologische Anatomie und Histologie.
Zbl. Vet. Med. B, 18, 33-43.

PAULSEN, J., R. ZENTGRAF, D. HÜBNER und P. ZERCHE (1974):
Untersuchungen zum normalen und leukotischen weißen Blutbild bei Schafen.
Zbl. Vet. Med. B, 21, 509-519.

PAULSEN, J. und T. SCHLIESSER (1977):
Zur Ätiologie und Diagnose der enzootischen Leukose beim Rind und Schaf.
Tierärztl. Umschau 32, 343-347.

PERMAN, V., V.A. DIRKS, G. FANGMANN, M.A. SNYDER, D.K. SORENSON, R.K. ANDERSON, D.J. GOLTZ, V.L. LARSON and J.B. STEVENS (1970):
Statistical Evaluation of Lymphocyte Values of Minnesota Dairy Cattle.
Am. J. Vet. Res. 31, 1217-1222.

RAHMAN, M.F. and S. AHMED (1974):
Preliminary Studies on the seasonal and diurnal variations of the blood values of sheep.
Bangladesh Vet. J. 8, 5-10.

RAMM, B. und G. HOFMANN (1982):
Biomathematik und medizinische Statistik. 2. Aufl.
Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart.

REDA, H. and A.F. HATHOUT (1957):
The Haematological Examination of the Blood of Normal Sheep.
Br. Vet. J. 113, 251-254.

ROSENBERGER, G. (1964):
Die klinische Untersuchung des Rindes.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.

SACHS, L. (1982):
Applied Statistics. A Handbook of Techniques.
Translated by Reynarowych.
Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

SACHS, L. (1984):
Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden.
6. Aufl.
Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.

- SCHALM, O.W. (1961):
Veterinary Hematology.
Lea und Febiger, Philadelphia.
- SCHALM, O.W. (1965):
Veterinary Hematology. 2nd ed.
Lea und Febiger, Philadelphia.
- SCHALM, O.W., N.C. JAIN and E.J. CARROL (1975):
Veterinary Hematology, 3rd ed.
Lea und Febiger, Philadelphia.
- SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN (1957):
Lehrbuch der Veterinärphysiologie. 4. Aufl.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN (1976):
Lehrbuch der Veterinärphysiologie. 6. Aufl.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- SCHILLING, V. (1929):
The Blood Picture.
Translated by Gradwohl.
(zit. nach HOLMAN, 1944).
- SCHULZE, W., H.-J. CHRISTOPH und Th. HIEPE (1958):
Hämatologische Untersuchungen bei gesunden Schafen
verschiedener Rassen.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 65, 125-131.
- SILBERSTERN, E. (1932):
Untersuchungen über die Fehlergröße bei der Differen-
tialzählung der Leukozyten im gefärbten Anstrich und
deren in der Verteilung derselben gelegenen Ursachen.
Fol. Haematol. 46, 440-474.
- STORCH, A. (1901):
Untersuchungen über den Blutkörperchengehalt des
Blutes der Landwirtschaftlichen Haussäugetiere.
Vet. Med. Diss., Bern
(zit. nach WIESE, 1954).
- STRAUB, O.C. (1956):
Über das Blutbild von gesunden Kälbern leukosefreier
Herkunft in den ersten drei Lebensmonaten und ver-
gleichende Untersuchungen an gleichaltrigen klinisch
gesunden Kälbern aus Leukosebeständen.
Vet. Med. Diss., Hannover.
- STRAUB, O.C. (1978):
Diagnosis of enzootic bovine leukosis: a comparison of
hematological and immunodiffusion tests.
Res. Vet. Sci. 25, 13-15.

STRAUB, O.C. (1987):

Detection of Bovine Leukemia Virus Infection by Non-specific Methods; Hematology and Tumor Screening. Und: Natural and Experimental Transmission of Bovine Leukemia Virus.

In: BURNEY, A. and M. MAMMERICKX (eds., 1987):
Enzootic Bovine Leukosis and Bovine Leukemia Virus.
Martinus Nijhoff, Boston.

STRAUB, O.C., O.W. SCHALM, J.P. HUGHES and G.H. THEILEN (1959):

Bovine Hematology. II. Effect of Parturition and Retention of Fetal Membranes on Blood Morphology.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 135, 618-622.

STRAUB, O.C., R.J. LORENZ, L. CHEVRIER, W.J.C. DONNELLY, J.C. FLENSBURG, G. GENTILE, M. MAMMERICKX, L.M. MARKSON, A.A. RESSANG and S.M. TAYLOR (1978):

Bovine Hematology

I. Technical Problems in the Counting of Leukocytes.

II. Comparative Breed Studies on the Leukocyte Parameters of Several European Cattle Breeds as Determined in National Laboratories.

III. Comparative Breed Studies on the Leukocyte Parameters of Several European Cattle Breeds as Determined in the Common Reference Laboratory.

ZbL. Vet. Med. B, 25, 14-28, 245-256, 257-267.

THEILEN, G.H., N. Le Q. BLAMPIED, B. HARROLD and L.S. ROSENBLATT (1967):

Hematologic Survey of Cattle on the Island of Jersey, with Reference to the Reported Incidence of Lymphosarcoma (Leukemia).

Am. Vet. Res. 28, 1313-1318.

TODD, A.C., Z.N. WYANT, W.M. STONE and G.W. ELAM (1952):

On the Blood Picture of Healthy Southdown and Hampshire Ewes.

Am. J. Vet. Res. 13, 74-76.

TOLLE, A. (1965):

Zur Beurteilung quantitativer hämatologischer Befunde im Rahmen der Leukose-Diagnostik beim Rind.

Zbl. Vet. Med. B, 12, 281-290.

ULBRICH, F., E. BEST, J. PAULSEN, E. NITZSCHKE und K. FRITZSCHE (1970):

Beobachtungen an einer von Leukose befallenen Schafherde.

Tierärztl. Umsch. 25, 277-283.

ULLREY, D.E., E.R. MILLER, C.H. LONG and B.H. VINCENT (1965):

Sheep Hematology From Birth TO Maturity. II. Leukocyte Concentration And Differential Distribution.

J. Anim. Sci. 24, 141-144.

- UPCOTT, D.H., C.N. HEBERT, M. ROBINS (1971):
Erythrocyte and Leukocyte Parameters in Newborn Lambs.
Res. Vet. Sci. 12, 474-477.
- VOLLMER, H. (1925):
Über Formbestandteile (Erythrozyten und Leukozyten)
und Hämoglobingehalt des Schafblutes.
Vet. Med. Diss., Hannover.
- WEAVER, A.D. (1974):
Haematological and Plasma Biochemical Parameters in
Adult Male Sheep.
Zbl. Vet. Med. A, 21, 1-7.
- WEISS, E. (1969):
Pathophysiologie des Blutes und der blutbildenden Ge-
webe.
In: SPÖRRI, H. und H. STÜNZI (1969):
Pathophysiologie der Haustiere.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- WIEGAND, D. (1962):
Zählung roter und weißer Blutelemente des Rindes mit
einem automatischen Blutkörperzählgerät.
Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 75, 129-131.
- WIESE, H. (1954):
Die Blutzusammensetzung der Schafe (Eine literarische
Übersicht):
Vet. Med. Diss., Hannover
- WIRTH, D. (1950):
Grundlagen einer Klinischen Hämatologie der Haustiere.
2. Aufl.
Verlag Urban u. Schwarzenberg, Wien.
- ZIMMERMANN, T. und U. WERNEREY (1981):
Zwei Jahre serologische Leukoseüberwachungsunter-
suchungen in Schleswig-Holstein.
Tierärztl. Umschau 36, 30-38.

VIII. ANHANG

- Tabellen
- Abbildungen

Tabelle A.2.: Übersicht über die Gesamtzahl *weillicher Menschen* und die Kriterien ihres zeitlichen Verbleibs im Normbereich!

Lfd. Nr.	Schafnummer	Zeitintervall	Ursache des Ausschlusses
1	4	nur 4. Monat	Maedi-Übertragungsversuch
2	5	kein Ausschuß	
3	6	kein Ausschuß	
4	15	bis 11. Monat	Maedi-Übertragungsversuch
5	111	bis 18. Monat	künstliche Infektion
6	222	nur 9. Monat	künstliche Infektion
7	226	kein Ausschuß	
8	227	Ausschuß	
9	229	kein Ausschuß	
10	231	Ausschuß	Lungenwürmer
11	234	Ausschuß	Liquor
12	235	Ausschuß	Liquor
13	236	60.-62. Monat	
14	237	kein Ausschuß	Maedi-Infektion i. cer.
15	244	Ausschuß	
16	250	bis 92. Monat	
17	326	ohne 55, 56. Mon. Vaccination/Kontakt bis 90. Monat Milch	
18	328	ohne 55, 56. Mon. Vaccination bis 92. Monat Milch	
19	329	kein Ausschuß	Vaccination/Milch
20	330	bis 85. Monat	Milch
21	403	bis 69. Monat	Milch
22	414	bis 62. Monat	Milch
23	418	bis 49. Monat	Milch
24	440	nur 1. Tag	Luft
25	441	Ausschuß	Speichel/Milch
26	446	bis 10. Monat	Milch
27	447	0. Tag, 2. Monat	

1) Aus Gründen der Platzersparnis wird nur ein Auszug veröffentlicht.

Tabelle A.1.: Identifikationsnummern der Referenzschafe:
Abteilung: *weilliche Menschen*

0. Monat (0.-%, Tag)	: 242, 304, 423, 424, 429, 449, 469, 543, 554, 555, 603, 614, 616, 628, 629, 664, 746, 759, 779
1. Monat	: 242, 305, 419, 421, 429, 449, 603
2. Monat	: 242, 424, 449, 603
3. Monat	: 242, 449, 543
4. Monat	: 305, 429, 469, 543
5. Monat	: 97, 242, 419, 421, 449
6. Monat	: 242, 305, 429, 449
7.-9. Monat	: 97, 242, 419, 421, 449, 469, 603, 664
10.-12. Monat	: 100, 419, 421, 424, 603
13.-15. Monat	: 100, 424, 429, 603, 664
16.-18. Monat	: 100, 242, 664
19.-21. Monat	: 100, 242, 419, 421, 424, 664
22.-24. Monat	: 419, 421, 424
25.-27. Monat	: 100, 421, 424, 429
28.-30. Monat	: 419, 421, 429
31.-33. Monat	: 100, 421, 424
34.-36. Monat	: 419, 421, 429
37.-39. Monat	: 419, 424, 429, 752
40.-42. Monat	: 419, 421, 752
43.-54. Monat	: 419, 421, 429, 752
55.-66. Monat	: 429, 752
67.-78. Monat	: 429, 752

1) Aus Gründen der Platzersparnis wird nur ein Auszug veröffentlicht.

Tabelle A.3.a.1): Lammungsdaten der weiblichen Referenzschafe;
Menzschafe

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten	Neutrophile	Lymphozyten
	a.p.	p.			
326	61		5400	590	4800
	62		4600	1200	2800
	66		5200	1200	3900
326	66		5200	1200	3900
	69		4800	1700	3100
	70		5900	2200	3700
	74		4400	1600	2700
328	48		3800	990	2800
	60		7000	2900	4000
	61		3500	200	3300
328	66		5100	1400	3700
	72		7100	2700	4300
	74		6400	1600	2700
	78		6400	2000	4300
330	79		5400	3000	2400
	86		5900	2700	2700
	88		4000	300	3700
330	55		4000	300	3700
	58		6400	1200	5200
	61		4600	400	4200
330	70		4800	200	4700
	73		4300	1200	3000
	76		3500	700	2800
330	76		3500	700	2800
	80		5300	2300	2900
	85		3600	1100	2400
403	57		7100	1700	5300
	61		7000	5200	1800
	65		5900	1300	4000
414	23		5200	1400	3700
	25		5400	2400	3000
	34		4200	2500	4000

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
x = nicht verfügbare Altersgruppe

Fortsetzung Tabelle A.3.a.1):

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten	Neutrophile	Lymphozyten
	a.p.	p.			
414	44		8600	3600	4700
	48		9300	7100	2100
	50		5800	900	4200
418	20		3100	60	3000
	24		13100	6900	6200
	25		7100	780	6300
	42		4700	190	4500
456	46		10300	3900	6400
	52		11100	1800	9300
	63		6700	1900	4700
456	65		4700	2500	2200
	72		4000	1400	2100
	76		5800	2200	3100
456	79		5600	3800	1800
	85		5400	1100	4200
458	18		5200	2300	2800
	21		4500	2800	1700
	23		9600	1300	8300
458	30		5500	2500	3000
	32		7200	3000	4200
	34		4000	1500	2400
481	18		9300	470	8900
	19		10400	3800	6600
	22		5700	2500	3000
481	29		5900	890	5000
	31		5200	2800	2300
	38		3800	760	2900
481	54		4900	1600	3300
	57		4700	3000	1700
	63		5200	1100	4000

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
x = nicht verfügbare Altersgruppe

Fortsetzung Tabelle A.3.a):

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten	Neutrophile	Lymphozyten
	a.p.	p.p.			
482	12		5300	580	4700
	18		11300	10050	1200
	20		7100	2400	4500
482	24		5800	1600	3900
	27		6600	2400	4200
	29		6300	4300	1800
	37		6800	1600	4500
482	41		8400	6600	1600
	49		7500	1800	5000
702	34		5600	900	4500
	39		8400	4600	3696
	40		8300	1800	6100
	57		6800	1000	5700
702	60		4000	1500	2400
	61		4300	390	3700
712	8		4400	90	4300
	12		4900	640	4200
	13		4800	720	4100
	17		9100	1700	7400
712	19		9400	3200	6200
	22		3700	400	3300
	38		5500	2700	2800
712	42		5300	3200	2100
	43		4400	1600	2600
	36		7200	2300	4900
	37		7800	860	6900
717	43		4300	1500	2800
	43		4300	1500	2800
	43		4300	1500	2800
	49		8500	1000	7500

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
x = nicht verfügbare Altersgruppe

Fortsetzung Tabelle A.3.a):

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten	Neutrophile	Lymphozyten
	a.p.	p.p.			
762	17		6500	650	5900
	21		6000	2900	3100
	26		4800	1500	3100
762	26		4800	1500	3100
	33		9200	5700	3400
	35		5500	1900	3200
	77		4100	2200	1800
791	80		5500	3700	1600
	80		4800	2300	2000
	36				

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
x = nicht verfügbare Altersgruppe

Tabelle A.3.b.1: Lammungsdaten der weiblichen Referenzschafe;
Faxelshafe

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten			Lymphozyten		
	a.p.	p.p.	Leukozyten	Neutrophile		Lymphozyten		
230	x		—	—	—	—	—	—
	24		5000	2700		2300		
	27		7500	3000		4400		
404	36		3700	740		3000		
	38		7200	1300		5900		
	40		3800	260		3400		
404	47		6000	660		5300		
	51		5000	300		4700		
	57		6500	850		5600		
404	67		6300	3700		2600		
	62		5500	2600		2900		
405	24		10300	2600		7600		
	26		10700	8800		1900		
	28		4300	1500		2800		
406	36		6600	260		6300		
	38		8500	3100		5400		
	40		4000	120		2800		
406	57		9200	2800		6400		
	60		7700	5200		2500		
	62		8300	2200		6000		
416	30		15500	4700		10500		
	34		11000	4000		6800		
	x		—	—		—		
473	9		6200	500		5700		
	13		8000	2600		5400		
	16		7300	500		6500		
478	55		9600	3700		5400		
	x		—	—		—		
	x		—	—		—		

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
x = nicht verfügbare Altersgruppe

Fortsetzung Tabelle A.3.b.1:

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten			Lymphozyten		
	a.p.	p.p.	Leukozyten	Neutrophile		Lymphozyten		
561	24		8200	900		7300		
	x		—	—		—		
	27		5600	390		5200		
561	35		3000	390		2600		
	39		10500	3800		6800		
	45		5000	2000		3000		
561	50		9400	2700		5400		
	54		8500	6300		2200		
	55		7300	3100		4000		
655	23		8100	490		7900		
	25		8700	2900		5800		
	29		11300	4300		7000		
655	29		11300	4300		7000		
	33		8800	6700		2100		
	34		6400	1900		4500		
704	44		5900	470		5300		
	49		9400	5700		3700		
	x		—	—		—		
704	57		5300	270		5000		
	59		6600	2100		4400		
	61		3500	520		2900		
711	33		7500	300		7100		
	36		7500	4500		2900		
	38		6200	990		5200		
711	45		5400	320		5100		
	48		5400	2600		2800		
	51		4000	1000		3000		
711	60		7300	2900		4300		
	63		7800	3400		4400		
	64		5900	1200		4700		
716	45		7300	1400		5800		
	50		7800	4400		3400		
	52		5300	1200		4100		
765	15		8000	2300		5500		
	x		—	—		—		
	20		8900	2200		6200		

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
x = nicht verfügbare Altersgruppe

Tabelle A.1.c1: Lammungsdaten der weiblichen Referenzschafe;
Milchschafe

Schafnummer	Alter in Monaten ¹⁾		Leukozyten	Neutrophile	Lymphozyten
	a.p.	p.p.			
100	19	19	6300	2900	3300
	$\bar{x}$	27	—	—	—
419	34	34	7700	2500	4900
	35	35	6600	2000	4300
	37	37	8100	6900	1200
421	20	20	8600	3400	5000
	24	24	13000	3900	9000
	25	25	11200	4700	6500
421	28	28	6900	350	6500
	33	33	16200	2600	13100
	34	34	17000	11900	5100
424	19	19	8100	4300	3300
	23	23	7700	390	7200
	24	24	6400	4000	2400
429	34	34	5000	500	4500
	35	35	5600	670	4900
	37	37	8400	3900	4500
429	45	45	460	370	4200
	49	49	5800	930	4600
	50	50	6600	2100	4400
429	55	55	7200	790	6300
	58	58	8100	1500	6500
	59	59	9400	6000	3300
603	12	12	8200	2500	3700
	15	15	9200	3600	5600
	21	21	6100	2700	3200
664	14	14	9600	3000	6400
	18	18	6000	400	5500
	19	19	5800	4000	1800
			6200	1900	4200

1) a.p. = letzter Meßwert vor der Geburt
p. = Meßwert am Lammungstag
p.p. = erster Meßwert nach der Geburt
 $\bar{x}$ = nicht verfügbare Altersgruppe

Tabelle A.4.1

Darstellung der durchgeführten Lilliefors-Tests für die absoluten Leukozytenwerte (x_i) sowie deren Logarithmen ($\log x_i$) in Abhängigkeit von Rasse und Geschlecht mit Angabe über den Stichprobenumfang n der jeweils untersuchten Altersgruppe 1)

Die für den Test vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt $\alpha = 0,05$. Ein signifikantes Testergebnis wird durch ein + gekennzeichnet

Rasse	Altersgruppe	Stichprobenumfang (n)	x_i	Leukozyten $\log x_i$
weibliche Milchschafe	0.-4.Tag	n=19		
	1.Monat	n=7		
	5.Monat	n=5		
	7.-9.Monat	n=8		
	10.-12.Monat	n=5		
	13.-15.Monat	n=5		
	19.-21.Monat	n=6		+
männliche Milchschafe	0.-4.Tag	n=16		
	1.Monat	n=6		
	2.Monat	n=9		
	3.Monat	n=6		
	5.Monat	n=5		
	7.-9.Monat	n=7		+
	10.-12.Monat	n=5		
	13.-15.Monat	n=6		
weibliche Texel	0.-4.Tag	n=25		+
	9.-14.Tag	n=7		
	1.Monat	n=12		
	2.Monat	n=11		
	3.Monat	n=21		+
	4.Monat	n=11		
	5.Monat	n=13		+
	6.Monat	n=12		
	7.-9.Monat	n=26		
	10.-12.Monat	n=10		
	13.-15.Monat	n=11		

1) Aus Gründen der Platzersparnis wird nur ein Auszug veröffentlicht

Tabelle A.5.: Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der Referenzscharfe in den verschiedenen Altersgruppen. - Neben Mittelwert, Standardabweichung und Spannweite der nichtlogarithmierten Blutwerte (x_i) sind der Mittelwert und die Standardabweichung der Logarithmen (= (der $\log_e$)) gegeben -

Altersgruppen (Monate)	Anzahl (n)	Leukozyten			Lymphozyten			Neutrophile			Gesamtzahl	Normalbereich weiblich
		Mittelwert $\bar{x}_i$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	Mittelwert $\bar{x}_i$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	Mittelwert $\bar{x}_i$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i		
0. Monat (0.-4. Tag)	32	6325 (3,7556)	2697,07 (0,2213)	1000-14200	3458,34 (3,4618)	2109,87 (0,2721)	790-11076	2846,13 (3,3250)	1775,01 (0,4175)	84-7272		
0.5. Monat	6	5966,67 (3,7635)	1610,80 (0,1111)	4400-8500	4780,17 (3,6559)	1790,3 (0,1546)	2912-7905	1079,17 (2,9114)	748,67 (0,3885)	255-2028		
1. Monat	5	6400 (3,7888)	1759,76 (0,1474)	3400-7900	5021,60 (3,6850)	1372,56 (0,1379)	2856-6408	1240,20 (3,0488)	550,47 (0,2348)	510-1704		
2. Monat	12	6600 (3,8039)	1829,56 (0,1226)	3800-9500	5398,83 (3,7134)	1711,78 (0,1325)	3290-8835	1139,83 (2,9543)	938,44 (0,3019)	266-3710		
3. Monat	9	6911,11 (3,8130)	2494,72 (0,1631)	4000-10600	5802,00 (3,7355)	2194,52 (0,1665)	3256-8928	1049,56 (2,9193)	780,93 (0,3101)	400-2552		
4. Monat	6	7233,33 (3,8508)	1508,2 (0,0962)	5000-9000	6051,33 (3,7728)	1362,64 (0,0973)	4350-7830	1155,17 (3,0170)	590,92 (0,2164)	600-2128		
5. Monat	5	7740,00 (3,8641)	3127,78 (0,1581)	4900-13000	6481,00 (3,7814)	3001,33 (0,1721)	4067-11700	1227,40 (3,0735)	376,08 (0,1281)	833-1817		
6. Monat	7	7000,00 (3,8395)	1246,33 (0,0746)	5800-8900	5866,86 (3,7601)	1250,20 (0,0913)	4425-7905	1077,86 (2,8918)	853,69 (0,3970)	213-2403		
7.-9. Monat	14	6821,43 (3,8191)	1806,05 (0,1192)	4200-9800	4904,93 (3,6779)	1250,72 (0,1005)	3350-7553	1827,36 (3,1504)	1195,54 (0,4127)	220-3528		
10.-12. Monat	13	7876,92 (3,8748)	2700,05 (0,1407)	4500-14900	5875,92 (3,7494)	1961,23 (0,1328)	3680-10728	1892,69 (3,1504)	1330,56 (0,3726)	348-4320		
13.-15. Monat	11	7527,27 (3,8500)	2691,13 (0,1620)	4000-11500	6410,82 (3,7760)	2486,01 (0,1741)	3200-10260	999,67 (2,9284)	751,08 (0,2377)	420-3105		
16.-18. Monat	14	7771,43 (3,8642)	2860,72 (0,1564)	3800-14200	5811,43 (3,6986)	3010,29 (0,2662)	1243-11786	1838,64 (3,0532)	2482,65 (0,4130)	270-10057		
19.-21. Monat	8	6925,00 (3,8036)	2897,17 (0,1965)	3100-10500	4324,75 (3,601)	1696,17 (0,1964)	1710-6552	2522,25 (3,1665)	1595,79 (0,6656)	62-4620		
22.-24. Monat	12	6858,33 (3,8077)	2779,62 (0,1596)	3700-13100	5122,25 (3,6814)	2014,60 (0,1593)	3021-8944	1616,50 (3,0550)	1782,50 (0,3609)	296-6943		
25.-27. Monat	13	6138,46 (3,7804)	1213,49 (0,0843)	4500-8300	4766,69 (3,6650)	1215,17 (0,1121)	2970-6806	1284,54 (3,0270)	716,66 (0,3011)	295-2442		
28.-30. Monat	9	5944,45 (3,7609)	1511,71 (0,1160)	3400-8900	3993,11 (3,5672)	1645,06 (0,1852)	1827-6675	1786,22 (3,1591)	1246,46 (0,3028)	603-4284		
31.-33. Monat	6	6033,33 (3,7646)	1859,75 (0,1267)	4000-9200	3413,00 (3,5246)	717,51 (0,0962)	2340-4248	2572,00 (3,3316)	1739,17 (0,2858)	1000-5704		
34.-36. Monat	12	5991,67 (3,7667)	1366,79 (0,1031)	4000-8000	4370,83 (3,6256)	1163,74 (0,1217)	2440-6480	1436,00 (3,0603)	936,44 (0,3285)	252-3680		
37.39. Monat	13	5869,23 (3,7477)	1708,50 (0,1492)	2400-8400	3983,08 (3,5720)	1342,77 (0,1768)	1248-6942	1694,23 (3,1613)	1090,27 (0,2437)	735-4620		
40.-42. Monat	9	5977,78 (3,7634)	1608,40 (0,1177)	4200-8400	3741,00 (3,5420)	1381,84 (0,1831)	1596-6142	2117,44 (3,1492)	1978,02 (0,4507)	188-6636		
43.-45. Monat	7	6271,43 (3,7768)	2189,15 (0,1409)	4300-10000	4100,57 (3,5965)	1178,51 (0,1309)	2552-5900	2057,71 (3,2413)	1263,33 (0,2748)	660-4000		
46.-48. Monat	11	7763,64 (3,8603)	3051,65 (0,1666)	3800-13100	5229,00 (3,6793)	2427,25 (0,1929)	2139-11004	2438,18 (3,2491)	2010,25 (0,3806)	536-7068		
49.-51. Monat	5	6240,00 (3,7696)	2236,74 (0,1720)	3600-8500	4460,00 (3,5960)	2301,71 (0,2514)	1692-7480	1512,60 (3,1311)	752,72 (0,2392)	615-2592		
52.-54. Monat	4	8325,00 (3,8933)	3247,95 (0,1804)	4900-11100	6538,50 (3,7520)	3815,13 (0,2774)	3224-10323	1740,00 (3,1985)	825,89 (0,2300)	777-2790		
55.-57. Monat	10	5866,67 (3,7601)	1178,98 (0,0914)	4000-7100	4144,78 (3,5979)	1147,20 (0,1500)	1739-5712	1634,30 (3,1364)	864,54 (0,3063)	280-2961		
58.-60. Monat	11	6845,46 (3,8230)	1627,49 (0,1120)	4000-9000	4304,36 (3,6136)	1140,91 (0,1246)	2400-6438	2322,00 (3,2519)	1652,62 (0,3476)	480-5676		
61.-63. Monat	12	5841,67 (3,7470)	1868,13 (0,1352)	3500-9500	3351,17 (3,5025)	1074,88 (0,1513)	1750-5063	2339,67 (3,1954)	1781,14 (0,4680)	210-5605		
64.-66. Monat	8	5425,00 (3,7307)	774,14 (0,0605)	4600-6600	3405,13 (3,5227)	738,42 (0,0983)	2209-4606	1799,88 (3,1655)	981,14 (0,3512)	245-3136		
67.-69. Monat	6	6683,33 (3,8081)	2004,41 (0,1345)	4200-9700	3841,83 (3,5723)	1007,14 (0,1122)	2730-5168	2718,50 (3,3831)	1396,72 (0,2340)	1360-4559		
70.-72. Monat	5	5860,00 (3,7561)	1484,25 (0,1148)	4000-7500	3544,20 (3,5341)	988,12 (0,1342)	2120-4608	2096,60 (3,1589)	1445,25 (0,5184)	192-4050		
73.-75. Monat	6	5816,67 (3,7430)	2270,17 (0,1414)	4300-10300	3115,83 (3,4915)	330,58 (0,0460)	2684-3572	2524,67 (3,2936)	2379,62 (0,3037)	987-7313		
76.-78. Monat	9	5855,56 (3,7514)	1667,42 (0,1273)	3500-9000	3912,56 (3,5612)	1671,21 (0,1753)	1763-7380	1755,33 (3,1930)	862,89 (0,2312)	665-3366		
79.-81. Monat	7	5828,57 (3,7415)	915,00 (0,0530)	5000-7700	3120,00 (3,4915)	1613,72 (0,1753)	1595-6314	2608,29 (3,1930)	1123,93 (0,2312)	950-3808		

Fortsetzung: Tabelle A.5.

Altersgruppen (Monate)	Anzahl (n)	Leukozyten			Lymphozyten			Neutrophile			Gesamtzahl	Geschlecht
		Mittelwert $\bar{x}_1$	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_1	Mittelwert $\bar{x}_1$	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_1	Mittelwert $\bar{x}_1$	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_1		
0. Monat (0.-4. Tag)	41	5463,41 (3,6889)	2361,96 (0,2283)	1000-12500	3075,76 (3,4130)	1905,42 (0,2688)	750-10375	2368,27 (3,2425)	1505,95 (0,4085)	100-6536		Männlich
0,5. Monat	5	4900,00 (3,6744)	1461,16 (0,1319)	3200-6700	3977,40 (3,5880)	1080,82 (0,1096)	2976-5762	738,40 (2,6209)	583,40 (0,6490)	40-1342		
1. Monat	13	8015,39 (3,8653)	3568,34 (0,1900)	4000-15100	6118,23 (3,7558)	2446,22 (0,1713)	2600-11929	1786,31 (3,0207)	1934,06 (0,4743)	200-6016		
2. Monat	15	7580,00 (3,8591)	2467,27 (0,1383)	4200-13700	6079,93 (3,7662)	1849,69 (0,1272)	3648-10412	1434,87 (2,9987)	934,49 (0,4803)	84-3288		
3. Monat	7	7900,00 (3,8774)	2557,34 (0,1450)	4500-11600	6086,29 (3,7609)	2152,66 (0,1554)	3420-9744	1716,71 (3,1609)	882,03 (0,3051)	405-2600		
4.-5. Monat	5	6800,00 (3,8286)	1014,89 (0,0653)	5500-8100	5529,40 (3,7381)	893,10 (0,0709)	4400-6675	1212,60 (2,9868)	985,65 (0,3152)	390-2916		
6. Monat	7	7071,43 (3,8446)	1139,76 (0,0711)	5700-8300	4626,14 (3,6492)	1145,72 (0,1385)	2241-5427	2307,00 (3,2012)	1919,00 (0,4506)	285-6059		
7.-9. Monat	12	7883,33 * (3,8727)	3249,85 (0,1399)	4800-17500	6316,25 (3,7725)	2777,87 (0,1523)	3504-14350	1438,08 (3,0099)	880,05 (0,4683)	73-2975		
10.-12. Monat	10	6000,00 (3,7628)	1541,28 (0,1281)	3000-7900	4443,50 (3,6236)	1331,48 (0,1665)	1702-5928	1395,30 (2,9808)	868,93 (0,5035)	90-2898		
13.-15. Monat	8	8350,00 (3,9154)	1534,37 (0,0793)	6000-11200	6128,50 (3,7576)	2353,12 (0,1759)	3168-10416	2105,38 (3,1626)	2103,67 (0,3852)	468-6432		
16.-18. Monat	4	8150,00 (3,9063)	1470,83 (0,0737)	7000-10300	5816,75 (3,7394)	2284,08 (0,1711)	3675-8652	2115,25 (3,1676)	1523,13 (0,5067)	280-3750		
22.-24. Monat	4	6400,00 (3,8012)	1080,12 (0,0768)	5000-7300	5610,00 (3,7428)	1086,40 (0,0847)	4600-6710	712,75 (2,7980)	436,82 (0,2459)	350-1342		
25.-27. Monat	3	7100,00 (3,8502)	608,28 (0,0364)	6700-7800	4834,67 (3,6804)	777,03 (0,0725)	3978-5494	2097,67 (3,2625)	1336,63 (0,2777)	1005-3588		
0. Monat (0.-4. Tag)	25	5736,00 (3,7184)	2327,35 (0,2079)	1000-10700	3739,20 (3,5101)	1941,65 (0,2502)	960-7663	1967,96 (3,0688)	1731,47 (0,5292)	40-6100		Weiblich
0,5. Monat (9.-14. Tag)	7	6157,14 (3,7774)	1703,78 (0,1060)	4800-9700	4508,14 (3,6406)	1267,75 (0,1142)	3216-6887	1574,86 (3,1456)	736,48 (0,2477)	464-2813		
1. Monat	12	7383,33 (3,8367)	3152,73 (0,1676)	4100-14100	4452,00 (3,6086)	2153,03 (0,1898)	2024-9870	2772,42 (3,2513)	2886,60 (0,4397)	224-10080		
2. Monat	11	7645,46 (3,8608)	2391,80 (0,1532)	3800-10700	5470,46 (3,7199)	1606,03 (0,1344)	2926-8239	2107,91 (3,2112)	1560,59 (0,3408)	520-5841		
3. Monat	21	7957,14 (3,8480)	3895,84 (0,2439)	1000-19600	6240,86 (3,7521)	2669,01 (0,2206)	980-14670	1667,14 (2,9397)	2536,82 (0,5594)	20-12152		
4. Monat	11	7472,73 (3,8664)	1407,19 (0,0831)	5000-9900	5568,55 (3,7323)	1502,99 (0,1116)	3904-8712	1849,36 (3,2290)	780,30 (0,1976)	630-3558		
5. Monat	13	8100,00 (3,8730)	3863,72 (0,1735)	4300-18700	6564,46 (3,7697)	3812,57 (0,1966)	3294-17765	1458,54 (3,0905)	933,76 (0,2589)	430-3360		
6. Monat	12	8308,33 (3,8974)	2936,75 (0,1416)	4800-15000	5921,83 (3,7353)	2886,61 (0,1778)	3100-13050	2305,00 (3,2803)	1627,09 (0,2809)	583-6900		
7.-9. Monat	26	8007,69 (3,8612)	3355,11 (0,2124)	1800-18200	6169,31 (3,7398)	2897,90 (0,2257)	1512-13113	1737,73 (3,1105)	1225,55 (0,3942)	116-5824		
10.-12. Monat	10	7310,00 (3,8606)	951,55 (0,0564)	6200-8600	5527,80 (3,7362)	1002,25 (0,0778)	4356-7310	1661,90 (3,1893)	641,32 (0,1775)	806-2664		
13.-15. Monat	11	8618,18 (3,9178)	2517,47 (0,1312)	5100-12500	6686,09 (3,8113)	1823,40 (0,1136)	4730-9996	1834,73 (3,1513)	1416,18 (0,3447)	255-5375		
16.-18. Monat	15	8380,00 (3,8974)	2882,51 (0,1612)	3200-15100	6334,00 (3,7623)	2918,77 (0,1909)	2688-13892	1779,60 (3,1304)	1163,22 (0,3777)	183-3780		
19.-21. Monat	14	8000,00 (3,8798)	2806,04 (0,1458)	4500-13100	5775,50 (3,7315)	2390,21 (0,1644)	2754-11790	2039,14 (3,2031)	1516,44 (0,3226)	522-6201		
22.-24. Monat	7	7914,29 (3,8884)	1743,01 (0,1039)	5000-10300	6223,29 (3,7606)	2218,87 (0,2022)	2250-8649	1623,43 (3,1179)	1049,51 (0,3184)	486-2880		
25.-27. Monat	7	7885,72 (3,8882)	1702,38 (0,0935)	5600-10700	4893,86 (3,6642)	1501,21 (0,1774)	1926-6660	2831,57 (3,2944)	2772,39 (0,4118)	392-8774		
28.-30. Monat	11	9045,46 (3,9191)	3793,51 (0,1927)	4300-15500	6815,27 (3,7961)	2891,57 (0,1924)	2838-11500	2068,91 (3,2115)	1400,84 (0,3358)	396-4650		
31.-33. Monat	5	6720,00 (3,8133)	1765,50 (0,1288)	4000-8800	4188,00 (3,5864)	1910,08 (0,1971)	2112-7125	2462,60 (3,1476)	2650,23 (0,5457)	300-6688		
34.-36. Monat	8	6737,50 (3,7971)	2524,13 (0,1853)	3000-11000	4849,25 (3,6569)	1750,25 (0,1750)	2610-6820	1764,00 (3,0424)	1706,65 (0,4634)	264-4500		
37.-39. Monat	7	7742,86 (3,8824)	1504,28 (0,0802)	6200-10600	5814,14 (3,7628)	562,52 (0,0412)	5208-6784	1826,14 (3,1860)	1190,07 (0,2728)	819-3816		
40.-42. Monat	7	7685,71 (3,8265)	4553,54 (0,2380)	3800-14200	5086,57 (3,6496)	3456,99 (0,2158)	2760-12780	2480,14 (3,1370)	3630,76 (0,4733)	266-10650		

Fortsetzung: Tabelle A.5.

Altersgruppen (Monate)	Anzahl (n)	Leukozyten			Lymphozyten			Neutrophile			Gesamt n	Geschlecht
		Mittelwert $\bar{x}_i$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	Mittelwert $\bar{x}_i$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	Mittelwert $\bar{x}_i$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i		
43.-45. Monat	5	6220,00 (3,7881)	1125,61 (0,0784)	5000-7500	5213,40 (3,7016)	1428,00 (0,1358)	3000-6900	926,60 (2,8562)	735,03 (0,3441)	324-2000	Total weiblich	
46.-48. Monat	5	6000,00 (3,7755)	758,29 (0,0531)	5300-7200	4381,20 (3,6273)	1227,37 (0,1266)	2808-5917	1571,20 (3,0217)	1243,49 (0,5003)	183-3096		
49.-51. Monat	10	7980,00 (3,8747)	2887,06 (0,1656)	4000-13000	5130,60 (3,6734)	2561,15 (0,1764)	3000-11440	2581,80 (3,2676)	2020,68 (0,4109)	300-5734		
52.-54. Monat	4	8975,00 (3,9339)	2886,03 (0,1539)	5300-12200	6023,75 (3,7026)	4101,72 (0,1282)	2210-11712	2871,25 (3,2482)	2676,99 (0,5491)	366-6290		
55.-57. Monat	7	7085,71 (3,8302)	2142,76 (0,1499)	3600-9600	5328,29 (3,7111)	1482,34 (0,1149)	3132-7614	1627,43 (2,9778)	1524,74 (0,5234)	243-3744		
58.-60. Monat	5	6820,00 (3,8322)	653,45 (0,0411)	6200-7700	3377,40 (3,5164)	898,53 (0,1561)	2541-4356	3389,20 (3,5111)	1141,75 (0,1429)	2112-5159		
61.-63. Monat	7	6657,14 (3,7996)	2339,41 (0,1572)	3500-10500	4504,43 (3,6287)	1715,55 (0,1561)	2860-7560	2022,86 (3,2389)	996,19 (0,2902)	525-3432		
0. Monat	19	5173,68 (3,6680)	2595,47 (0,2010)	2000-11200	3033,32 (3,4103)	1763,25 (0,2636)	690-6832	2068,47 (3,2204)	1400,02 (0,3026)	400-6032	Total männlich	
0,5. Monat (9.-14. Tag)	7	7285,72 (3,8250)	3412,45 (0,1915)	4100-13800	5693,71 (3,7305)	2027,06 (0,1608)	3375-8694	1479,43 (2,9708)	1495,34 (0,4911)	123-4554		
1. Monat	3	6633,33 (3,8063)	2100,79 (0,1442)	4500-8700	4972,00 (3,6864)	1264,28 (0,1174)	3600-6090	1639,00 (3,1731)	878,29 (0,2322)	900-2610		
2. Monat	9	9200,00 (3,9378)	3514,61 (0,1571)	5100-16500	735,11 (3,8416)	2863,69 (0,1504)	4845-13695	1691,11 (3,1311)	1127,81 (0,3378)	255-4080		
3. Monat	9	10277,80 (3,9780)	4732,28 (0,1731)	6500-18400	7759,56 (3,8103)	5259,76 (0,2750)	2244-16744	2469,56 (3,3326)	1311,60 (0,2493)	920-4488		
4. Monat	6	6383,32 (3,8010)	936,84 (0,0652)	5100-7300	5004,00 (3,6921)	947,70 (0,0895)	3422-6132	1318,50 (3,0360)	757,36 (0,3233)	348-2262		
5. Monat	4	10575,00 (3,9743)	5540,98 (0,2486)	4600-17500	9151,00 (3,8812)	6190,46 (0,3088)	4002-16975	1348,50 (2,9439)	1544,54 (0,4408)	350-3645		
6. Monat	5	8120,00 (3,8985)	2057,18 (0,1092)	6000-11000	5661,20 (3,7226)	2556,59 (0,1752)	3328-10010	2336,00 (3,3169)	1120,32 (0,2526)	880-3588		
7.-9. Monat	7	7900,00 (3,8689)	3468,91 (0,1619)	4900-15200	5710,43 (3,7189)	2919,85 (0,1858)	2900-12008	2108,57 (3,2533)	1039,09 (0,3054)	441-3306		
10.-12. Monat	7	7471,43 (3,8377)	3511,27 (0,1827)	4900-12800	4958,86 (3,6582)	2578,35 (0,1806)	2805-10571	2402,57 (3,0814)	3056,80 (0,5840)	196-8960		
13.-15. Monat	6	7933,33 (3,8791)	2738,37 (0,1438)	5100-12400	6697,00 (3,8068)	2149,16 (0,1426)	3927-9920	1207,50 (3,0081)	740,41 (0,2884)	378-2480		
16.-18. Monat	3	6500,00 (3,7856)	2515,95 (0,1988)	3600-8100	5238,00 (3,6983)	1814,25 (0,1721)	3168-6552	1117,00 (2,9687)	733,82 (0,3416)	396-1863		
19.-21. Monat	3	6800,00 (3,8050)	2851,32 (0,1932)	4000-9700	4036,33 (3,5905)	1377,32 (0,1384)	3200-5626	2691,33 (3,3219)	1764,23 (0,4251)	680-3977		
25.-27. Monat	3	9366,67 (3,9565)	3156,47 (0,1371)	7300-13000	7188,00 (3,8369)	2781,88 (0,1561)	5548-10400	1968,67 (3,2857)	455,79 (0,1075)	1460-2340		
0. Monat (0.-4. Tag)	19	5436,84 (3,6910)	2601,11 (0,2025)	2000-12100	3373,21 (3,4582)	2089,25 (0,2620)	624-10406	2047,58 (3,1339)	1653,33 (0,4515)	132-5600	Mittelwerts weiblich	
1. Monat	7	8228,57 (3,9047)	1919,82 (0,1048)	5800-10500	6989,00 (3,8338)	1667,81 (0,1038)	4872-9450	983,71 (2,9278)	568,69 (0,2656)	305-2060		
2. Monat	4	7100,00 (3,8482)	948,68 (0,0597)	5900-8000	6198,00 (3,7870)	1101,77 (0,0778)	5133-7280	838,50 (2,8931)	396,99 (0,1783)	590-1428		
3. Monat	3	7066,67 (3,8491)	208,17 (0,0127)	6900-7300	5433,00 (3,7199)	1633,12 (0,1454)	3577-6650	1490,00 (2,9543)	1697,93 (0,5479)	280-3431		
4. Monat	4	10425,00 (4,0119)	1968,71 (0,0859)	7900-12500	9060,75 (3,9357)	2990,17 (0,1655)	5056-11500	1339,25 (2,9133)	1138,24 (0,6039)	113-2844		
5. Monat	5	7680,00 (3,8829)	884,31 (0,0521)	6300-8700	5621,80 (3,7321)	1726,24 (0,1422)	3402-7569	2016,80 (3,2591)	967,97 (0,2292)	972-3157		
6. Monat	4	8000,00 (3,8997)	1134,31 (0,0627)	6700-9000	6843,00 (3,8235)	1812,71 (0,1171)	5254-8455	1075,25 (2,9332)	767,10 (0,3499)	356-1998		
7.-9. Monat	8	7437,50 (3,8213)	3058,45 (0,2544)	1800-11200	5690,00 (3,6707)	2843,32 (0,3503)	738-9856	1627,75 (3,1598)	1022,06 (0,2078)	918-4042		
10.-12. Monat	5	7740,00 (3,8854)	1073,78 (0,0609)	6300-9200	5425,60 (3,7291)	932,75 (0,0771)	4088-6699	2283,40 (3,2847)	1281,32 (0,3028)	819-3588		
13.-15. Monat	5	7720,00 (3,8771)	1952,44 (0,1053)	6000-10700	5342,80 (3,7130)	1476,05 (0,1304)	3233-7276	2302,40 (3,2599)	1330,90 (0,3873)	420-3570		
16.-18. Monat	3	6800,00 (3,8293)	1000,00 (0,0644)	5800-7800	3795,33 (3,5371)	1803,76 (0,2488)	1798-5304	2813,33 (3,4315)	1030,31 (0,1482)	2176-4002		
19.-21. Monat	6	7766,67 (3,8724)	2693,45 (0,1297)	5700-13000	5838,50 (3,7364)	2319,90 (0,1784)	3339-8970	1834,83 (3,1023)	1406,64 (0,4594)	308-3900		

Fortsetzung: Tabelle A.5.

Altersgruppen (Monate)	Anzahl (n)	Leukozyten			Lymphozyten			Neutrophile			Rasse und Geschlecht
		Mittelwert $\bar{x}$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	Mittelwert $\bar{x}$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	Mittelwert $\bar{x}$ (der Log.)	Standardabweichung (der Log.)	Spannweite x_i	
22.-24. Monat	3	8800,00 (3,9333)	2400,00 (0,1219)	6400-11200	5741,33 (3,7031)	3066,46 (0,2899)	2368-8360	3008,00 (3,2725)	2329,41 (0,6298)	352-4704	Milchschafe, weiblich
25.-27. Monat	4	8950,00 (3,9436)	1994,16 (0,0976)	6900-11200	5542,75 (3,7388)	955,74 (0,0762)	4480-6486	3073,25 (3,3065)	2501,75 (0,5419)	345-6384	
28.-30. Monat	3	11366,70 (4,0129)	5488,47 (0,2494)	5400-16200	9282,67 (3,9102)	4927,79 (0,2960)	3726-1322	1862,33 (3,2538)	643,67 (0,1429)	1375-2592	
31.-33. Monat	3	8200,00 * (3,9138)	0 (0)	8200-8200	5827,33 (3,7632)	730,02 (0,0547)	5100-6560	5087,33 (3,5081)	5901,22 (0,4924)	1528-11900	
34.-36. Monat	3	7266,67 (3,8551)	1443,38 (0,0925)	5600-8100	3181,67 (3,4363)	1866,28 (0,3151)	1215-4928	3950,00 (3,4327)	3120,67 (0,5342)	672-6885	
37.-39. Monat	4	8100,00 (3,8759)	3656,96 (0,1937)	4600-13000	5568,50 (3,6988)	3165,87 (0,2269)	2914-10140	2109,00 (3,2076)	1279,10 (0,4358)	368-3440	Milchschafe, männlich
40.-42. Monat	3	6833,33 (3,7990)	3544,48 (0,2097)	4400-10900	5902,67 (3,7317)	3215,50 (0,2202)	3696-9592	815,67 (2,8887)	336,02 (0,1686)	572-1199	
0. Monat (0.-4. Tag)	16	6468,75 (3,7759)	2713,85 (0,1804)	3000-12600	3669,94 (3,5240)	1693,17 (0,1918)	1860-6972	2765,00 (3,2642)	2321,01 (0,4990)	60-8568	
1. Monat	6	6833,33 (3,8211)	1837,03 (0,1199)	4700-8900	5127,00 (3,6990)	1304,46 (0,1048)	3854-7387	1502,33 (3,1419)	695,75 (0,1864)	846-2759	
2. Monat	9	8377,78 (3,9068)	2363,67 (0,1286)	5000-11700	6196,89 (3,7560)	2282,56 (0,2050)	1950-8961	1890,89 (3,2480)	745,35 (0,1652)	1080-3000	
3. Monat	6	7316,67 (3,8618)	849,51 (0,0524)	6000-8200	6029,33 (3,7773)	734,17 (0,0568)	4680-6840	1241,00 (3,0554)	530,64 (0,2079)	608-1968	
4. Monat	4	9500,00 (3,9069)	6801,47 (0,2735)	4500-19500	7694,50 (3,8089)	5693,40 (0,2873)	3600-15990	1718,75 (3,1686)	1135,90 (0,2726)	810-3315	
5. Monat	5	9680,00 (3,9070)	7285,39 (0,2760)	4800-22200	8361,00 (3,8460)	5866,66 (0,2796)	3792-17982	1282,60 (2,8138)	1673,26 (0,5937)	98-4218	
6. Monat	3	8200,00 (3,8815)	4028,65 (0,2005)	5300-12800	6800,67 (3,7967)	3546,30 (0,2097)	4452-10880	1291,00 (3,0850)	559,68 (0,1811)	848-1920	
7.-9. Monat	7	12728,60 (3,9944)	10829,90 (0,3140)	5400-32900	10625,90 (3,8885)	10065,80 (0,3505)	3969-29610	1951,14 (3,1997)	1320,25 (0,3047)	720-3888	
10.-12. Monat	5	6040,00 (3,7700)	1527,42 (0,1093)	4200-8300	4930,80 (3,6861)	1002,21 (0,0849)	3990-6474	1058,40 (2,7968)	701,71 (0,6768)	42-1743	
13.-15. Monat	6	10500,00 (3,9773)	5593,93 (0,2072)	5400-21000	8714,00 (3,8962)	4714,87 (0,2057)	4644-17640	1636,83 (3,1557)	860,83 (0,2575)	650-2940	
16.-18. Monat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
19.-21. Monat	4	7450,00 (3,8525)	2802,98 (0,1448)	5700-11600	6805,00 (3,8124)	2609,30 (0,1473)	5046-10672	613,75 (2,7371)	291,23 (0,2645)	228-928	
22.-24. Monat	3	8633,33 (3,9206)	2871,12 (0,1412)	6200-11800	6294,00 (3,7933)	1256,36 (0,0850)	5208-7670	1922,33 (3,1857)	1616,47 (0,3491)	806-3776	
25.-27. Monat	4	7775,00 (3,8587)	3593,86 (0,1888)	4500-12900	6167,75 (3,7701)	2208,36 (0,1510)	4050-9159	1423,50 (2,9973)	1483,96 (0,4065)	450-3612	
28.-30. Monat	3	7333,33 (3,8450)	2818,39 (0,1604)	5100-10500	5088,67 (3,7015)	978,87 (0,0807)	4335-6195	1615,67 (3,1246)	1251,88 (0,3240)	714-3045	
31.-33. Monat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
34.-36. Monat	3	7300,00 (3,8515)	2170,25 (0,1215)	5900-9800	5324,33 (3,7079)	1790,57 (0,1588)	3410-6958	1757,00 (3,0856)	1291,75 (0,5352)	295-2744	

*: Die Werte der so gekennzeichneten Altersgruppen wurden ohne Ausreißer gemäß Dixon-Test berechnet. Der Stichprobenumfang ist dementsprechend um 1 zu verringern.

Tabelle A.6.a): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze der absoluten Leukozytenzahlen für weibliche und männliche Texel- und Merinoschafe

Zeitraum: 0.-5. Monat; n = Stichprobenumfang

Zeitraum	Mittelwerte und Standardabweichung der log. Werte	95,44%-Normbereich der absoluten Werte	obere 99%-Toleranzgrenze der absoluten Werte
0. Monat n=117	3,71003 0,217502	1900-14000	16500
0,5. Monat n=25	3,76677 0,142333	3000-11300	12500
1. Monat n=33	3,83794 0,167255	3200-14900	16900
2. Monat n=47	3,86047 0,14426	3700-14100	15700
3. Monat n=46	3,87107 0,20622	2900-19200	22500
4. Monat n=28	3,84329 0,079112	4800-10000	10700
5. Monat n=22	3,88937 0,180213	3400-17800	20400

Tabelle A.6.b): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze der absoluten Lymphozytenzahlen für weibliche und männliche Texel- und Merinoschafe

Zeitraum: 0.-5. Monat; n = Stichprobenumfang

Zeitraum	Mittelwerte und Standardabweichung der log. Werte	95,44%-Normbereich der absoluten Werte	obere 99%-Toleranzgrenze der absoluten Werte
0. Monat n=117	3,44663 0,262487	830-9400	11400
0,5. Monat n=25	3,65891 0,139108	2400-8700	9600
1. Monat n=33	3,68524 0,175644	2200-10900	12400
2. Monat n=47	3,75632 0,138676	3000-10800	12000
3. Monat n=46	3,76158 0,20945	2200-15200	17800
4. Monat n=28	3,73339 0,0965424	3500-8400	9100
5. Monat n=22	3,79258 0,207841	2400-16200	18900

Tabelle A.6.c): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze der absoluten Neutrophilenzahlen für weibliche und männliche Texel- und Merinoschafe

Zeitraum: 0.-5. Monat; n = Stichprobenumfang

Zeitraum	Mittelwerte und Standardabweichung der log. Werte	95,44%-Normbereich der absoluten Werte	obere 99%-Toleranzgrenze der absoluten Werte
0. Monat n=117	3,22437 0,429774	230-12100	16800
0,5. Monat n=25	2,93559 0,459697	100-7200	10200
1. Monat n=33	3,12263 0,415437	200-9000	12300
2. Monat n=47	3,06246 0,384304	200-6800	9100
3. Monat n=46	3,04625 0,454533	140-9000	12800
4. Monat n=28	3,09897 0,262306	380-4200	5100
5. Monat n=22	3,05999 0,269005	330-4000	4900

Tabelle A.7.a): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Leukozytenzahlen der weiblichen und männlichen Merinoschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	3900-12400 (3800-12100)	13900 (13300)
8	3900-12300 (3800-12000)	13800 (13200)
11	3900-12200 (3800-11900)	13700 (13100)
14	3800-12100 (3800-11800)	13500 (13000)
17	3800-12000 (3700-11700)	13400 (12900)
20	3800-11900 (3700-11700)	13300 (12800)

Tabelle A.7.b): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Leukozytenzahlen der weiblichen und männlichen Textelschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	99,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
23	3700-11800 (3700-11600)	13200 (12700)
26	3700-11700 (3600-11500)	13100 (12600)
29	3700-11600 (3600-11400)	12900 (12500)
32	3600-11500 (3600-11300)	12800 (12400)
35	3600-11300 (3500-11200)	12700 (12300)
38	3600-11200 (3500-11100)	12600 (12200)
41	3500-11100 (3500-11000)	12400 (12000)
44	3500-11000 (3400-10900)	12300 (11900)
47	3500-10900 (3400-10800)	12200 (11800)
50	3400-10800 (3400-10700)	12100 (11700)
53	3400-10700 (3400-10600)	12000 (11600)
56	3400-10600 (3300-10500)	11800 (11500)
59	3300-10500 (3300-10400)	11700 (11400)
62	3300-10400 (3300-10300)	11600 (11300)
65	3300-10300 (3200-10200)	11500 (11200)
68	3200-10200 (3200-10100)	11400 (11100)
71	3200-10100 (3200-10000)	11200 (11000)
74	3200-9900 (3100-9900)	11100 (10900)
77	3100-9800 (3100-9800)	11000 (10800)
80	3100-9700 (3100-9700)	10900 (10700)

Fortsetzung: Tab. A.7.a):

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	3700-15600 (3600-15900)	17600 (17900)
8	3700-15500 (3600-15900)	17500 (17800)
11	3700-15400 (3600-15700)	17400 (17700)
14	3700-15300 (3600-1560)	17200 (17500)
17	3700-15200 (3500-15500)	17100 (17400)
20	3600-15100 (3500-15300)	17000 (17200)
23	3600-15000 (3500-15200)	16900 (17100)
26	3600-14900 (3400-15100)	16800 (16900)
29	3600-14800 (3400-14900)	16700 (16800)
32	3500-14700 (3400-14800)	16500 (16600)
35	3500-14600 (3400-14700)	16400 (16500)
38	3500-14500 (3300-14500)	16300 (16300)
41	3500-14400 (3300-14400)	16200 (16200)
44	3400-14300 (3300-14300)	16100 (16100)
47	3400-14200 (3200-14200)	16000 (15900)
50	3400-14000 (3200-14000)	15800 (15800)
53	3400-13900 (3200-13900)	15700 (15600)
56	3300-13800 (3100-13800)	15600 (15500)
59	3300-13700 (3100-13700)	15500 (15300)
62	3300-13600 (3100-13500)	15400 (15200)

Tabelle A.8.a): 99,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenzahlen der weiblichen und männlichen Merinoschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	2500-11000 (2700-10600)	12700 (11900)
8	2500-10900 (2700-10500)	12500 (11700)
11	2400-10600 (2600-10300)	12200 (11500)
14	2300-10400 (2600-10100)	11900 (11300)
17	2300-10200 (2500-9900)	11700 (11100)
20	2200-9900 (2500-9700)	11400 (10800)
23	2200-9700 (2400-9500)	11100 (10600)
26	2100-9500 (2400-9300)	10900 (10400)
29	2100-9200 (2300-9100)	10600 (10200)
32	2000-9000 (2300-8900)	10300 (10000)
35	2000-8800 (2200-8700)	10100 (9700)
38	1900-8500 (2200-8500)	9800 (9500)
41	1900-8300 (2100-8300)	9500 (9300)
44	1800-8000 (2100-8100)	9300 (9100)
47	1800-7800 (2000-7900)	9000 (8900)
50	1700-7600 (2000-7700)	8700 (8600)
53	1700-7400 (1900-7500)	8400 (8400)
56	1600-7100 (1900-7400)	8200 (8200)

Tabelle A.7.c): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Leukozytenzahlen der weiblichen und männliche Milchscheafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	3500-14300 (3500-14300)	16000 (16000)
8	3600-14300 (3600-14300)	16100 (16000)
11	3600-14400 (3600-14300)	16200 (16100)
14	3600-14500 (3600-14500)	16300 (16200)
17	3600-14600 (3600-14500)	16400 (16300)
20	3700-14700 (3600-14600)	16500 (16400)
23	3700-14800 (3600-14700)	16600 (16400)
26	3700-14900 (3700-14800)	16700 (16500)
29	3700-15000 (3700-14800)	16800 (16600)
32	3700-15100 (3700-14900)	16900 (16700)
35	3800-15200 (3700-15000)	17000 (16800)
38	3800-15300 (3700-15100)	17100 (16900)
41	3800-15400 (3800-15100)	17200 (17000)

Fortsetzung: Tabelle A.8.a):

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
59	1500-6900 (1800-7200)	7900 (8000)
62	1500-6700 (1800-7000)	7600 (7800)
65	1400-6400 (1700-6800)	7400 (7500)
68	1400-6200 (1700-6600)	7100 (7300)
71	1300-6000 (1600-6400)	6800 (7100)
74	1300-5700 (1600-6200)	6600 (6900)
77	1200-5500 (1500-6000)	6300 (6700)
80	1200-5300 (1500-5800)	6000 (6500)

Tabelle A.8.b): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenzahlen der weiblichen und männlichen Ferkelschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	2500-12800 (2600-12400)	14700 (14200)
8	2500-12700 (2500-12300)	14500 (14200)
11	2500-12500 (2500-12200)	14300 (14000)
14	2400-12300 (2500-12100)	14100 (13900)
17	2400-12200 (2500-12000)	13900 (13800)
20	2400-12000 (2400-11900)	13700 (13700)
23	2300-11800 (2400-11800)	13500 (13500)
26	2300-11600 (2400-11600)	13200 (13400)
29	2200-11400 (2400-11500)	13100 (13100)
32	2200-11300 (2400-11400)	12900 (13100)
35	2200-11100 (2300-11300)	12700 (13000)
38	2100-10900 (2300-11200)	12500 (12900)
41	2100-10700 (2300-11100)	12200 (12800)
44	2100-10500 (2300-11000)	12000 (12600)
47	2000-10300 (2300-10900)	11800 (12500)
50	2000-10200 (2200-10800)	11600 (12400)

Fortsetzung: Tabelle A.8.b):

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
53	2000-10000 (2200-10700)	11400 (12300)
56	1900-9800 (2200-10500)	11200 (12100)
59	1900-9600 (2100-10400)	11000 (12000)
62	1800-9400 (2100-10300)	10800 (11900)

Tabelle A.8.c): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Lymphozytenzahlen der weiblichen und männlichen Milchschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	2300-13000 (2500-12300)	14900 (13800)
8	2300-13000 (2500-12300)	14900 (13800)
11	2300-12900 (2500-12300)	14800 (13800)
14	2200-12800 (2500-12300)	14700 (13800)
17	2200-12800 (2500-12300)	14600 (13800)
20	2200-12700 (2500-12300)	14500 (13800)
23	2200-12600 (2500-12300)	14400 (13800)
26	2200-12500 (2500-12300)	14300 (13800)
29	2200-12500 (2500-12300)	14200 (13800)
32	2200-12400 (2500-12300)	14200 (13800)
35	2100-12300 (2500-12300)	14100 (13800)
38	2100-12200 (2500-12300)	14000 (13800)
41	2100-12100 (2500-12300)	13900 (13800)

Tabelle A.9.a): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Neutrophilenzahlen der weiblichen und männlichen Merinoschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	200-6200 (190-5700)	8300 (7300)
8	200-6200 (190-5800)	8400 (7600)
11	200-6400 (190-5900)	8500 (7700)
14	210-6500 (200-6000)	8700 (7900)
17	210-6600 (200-6100)	8900 (8000)
20	220-6800 (200-6200)	9100 (8100)
23	220-6900 (210-6300)	9200 (8300)
26	230-7000 (210-6400)	9400 (8400)
27	230-7200 (210-6500)	9600 (8600)
32	230-7300 (220-6600)	9800 (8700)
35	240-7400 (220-6800)	10000 (8900)
38	240-7600 (230-6900)	10100 (9000)
41	250-7700 (230-7000)	10300 (9100)
44	250-7800 (230-7100)	10500 (9300)
47	250-7900 (240-7200)	10700 (9400)
50	260-8100 (240-7300)	10800 (9600)
53	260-8200 (240-7400)	11000 (9700)
56	270-8300 (250-7500)	11200 (9800)

Fortsetzung: Tabelle A.9.a)

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
59	270-8500 (250-7600)	11400 (10000)
62	280-8600 (250-7700)	11500 (10100)
65	280-8700 (260-7800)	11700 (10300)
68	280-8900 (260-7900)	11900 (10400)
71	290-9000 (260-8000)	12100 (10600)
74	290-9100 (270-8200)	12200 (10700)
77	300-9300 (270-8300)	12300 (10800)
80	300-9400 (280-8400)	12600 (11000)

Fortsetzung: Tabelle A.9.b):

Tabelle A.9.b.i): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Neutrophilenzahlen der weiblichen und männlichen Ferkelschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten
Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	260-7900 (280-7700)	10700 (9900)
8	260-7900 (280-7600)	10700 (9800)
11	260-7900 (280-7500)	10800 (9700)
14	260-7900 (270-7400)	10800 (9600)
17	260-8000 (270-7300)	10800 (9400)
20	260-8000 (260-7200)	10800 (9300)
23	260-8000 (260-7100)	10800 (9200)
26	260-8000 (260-7000)	10800 (9000)
29	260-8000 (250-6900)	10800 (8900)
32	260-8000 (250-6800)	10900 (8800)
35	260-8000 (250-6700)	10900 (8600)
38	260-8000 (240-6600)	10900 (8500)
41	260-8000 (240-6500)	10900 (8300)
44	270-8100 (230-6400)	10900 (8200)
47	270-8100 (230-6300)	10900 (8100)
50	270-8100 (230-6100)	10900 (7900)

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
53	270-8100 (220-6400)	10900 (7800)
56	270-8100 (220-5900)	11000 (7700)
59	270-8100 (220-5800)	11000 (7500)
62	270-8100 (210-5700)	11000 (7400)

Tabelle A.9.c): 95,44%-Normbereich und obere 99%-Toleranzgrenze für die absoluten Neutrophilenzahlen der weiblichen und männlichen Milchschafe unter Berücksichtigung der Lammungsdaten

Die Zahlen in Klammern sind die entsprechenden Werte ohne Lammungsdaten

Zeit in Monaten	95,44%-Normbereich	obere 99%-Toleranzgrenze
6	210-7700 (220-7400)	10400 (10000)
8	210-7800 (220-7400)	10500 (10000)
11	210-7900 (220-7400)	10700 (10000)
14	220-8100 (220-7400)	10900 (10000)
17	220-8200 (220-7400)	11100 (1000)
20	230-8300 (220-7400)	11300 (10000)
23	230-8500 (220-7400)	11400 (10000)
26	230-8600 (220-7400)	11600 (10000)
29	240-8800 (220-7400)	11800 (10000)
32	240-8900 (220-7400)	12000 (9900)
35	240-9000 (220-7400)	12200 (9900)
38	250-9200 (220-7400)	12400 (9900)
41	250-9300 (220-7400)	12600 (9900)

Tabelle A.10.: Die Häufigkeitsverteilungen von Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen von Rindern bzw. Schafen nach verschiedenen Literaturquellen¹⁾

Literaturquelle	Tiergattung	Leukozyten	Lymphozyten	Neutrophile
HOLMAN (1944)	Schaf	linkssteil(1)	rechtssteil(1)	linkssteil(1)
THEILEN et al. (1967)	Rind	-	eher normal- verteilt(3)und linkssteil(4)	-
GRANZIEN(1968)	Rind	linkssteil(2) normalverteilt (1),rechts- steil(1)	linkssteil(3) normalverteilt (1)	streng links- steil(4)
PERMAN et al. (1970)	Rind	-	linkssteil(-) (=lognormal- verteilt)	-
JONES u. KREBS (1972)	Schaf	linkssteil/ Wölbung(2) linkssteil(2) normalverteilt (2)	linkssteil/ Wölbung(3) linkssteil(2) normalverteilt (1)	linkssteil/ Wölbung(5) linkssteil(1)
PAULSEN et al. (1974)	Schaf	-	linkssteil(-) (lognormal- verteilt)	-
TOLLE (1965)	Rind	normalverteilt	normalverteilt	-
LORENZ u. STRAUB (1976)	Rind	linkssteil(5) (=lognormal- verteilt) rechtssteil (1)	linkssteil(6) (=lognormal- verteilt)	linkssteil(6) (=lognormal- verteilt)
STRAUB, LORENZ et al. (1978)	Rind	-	linkssteil(19) (=lognormal- verteilt)	-
BICKHARDT und KÖNIG (1985)	Schaf	normalverteilt (-)	normalverteilt (-)	normalverteilt (-)

1) Die Klammerwerte geben die Anzahl der jeweils untersuchten Altersgruppen an. Enthalten die Klammern keine Werte, so ist die Anzahl der Altersgruppen nicht bekannt.

Tabelle A.11.: Prozentuale Anteile der signifikanten Lilliefors-Tests bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,05$

Auswahlkriterium: nur serologisch positiv reagierende Schafe werden vom Lilliefors-Test ausgeschlossen.

k=Anzahl der durchgeführten Lilliefors-Tests (dies entspricht der Anzahl der untersuchten Altersgruppen) für die logarithmierten Beobachtungswerte ($\log x_i$)

Rasse und Geschlecht	Blutfraktion	$\log x_i$
Texel, weiblich k = 20	Leukozyten	15%
	Lymphozyten	5%
	Neutrophile	10%
Texel, männlich k = 14	Leukozyten	14%
	Lymphozyten	7%
	Neutrophile	0%
Milchschafe, weiblich k = 27	Leukozyten	4%
	Lymphozyten	11%
	Neutrophile	11%
Milchschafe, männlich k = 18	Leukozyten	0%
	Lymphozyten	6%
	Neutrophile	11%

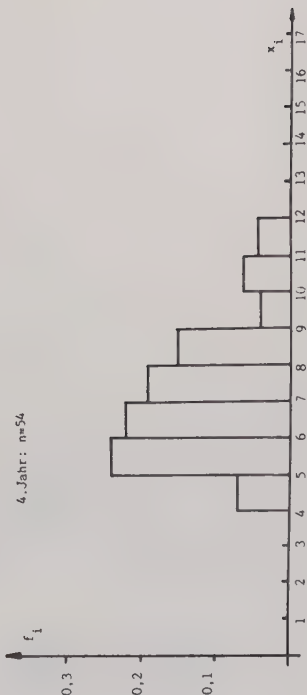
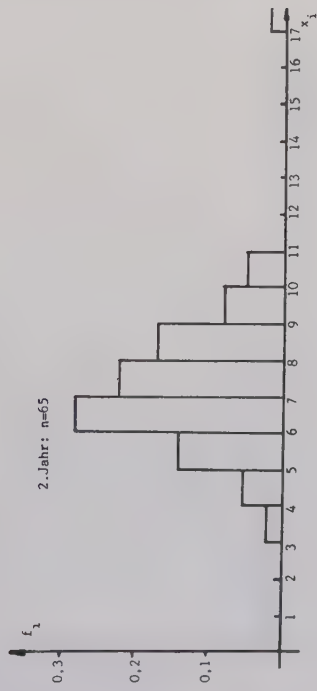
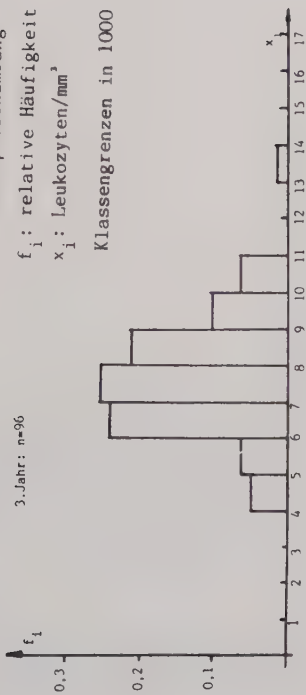
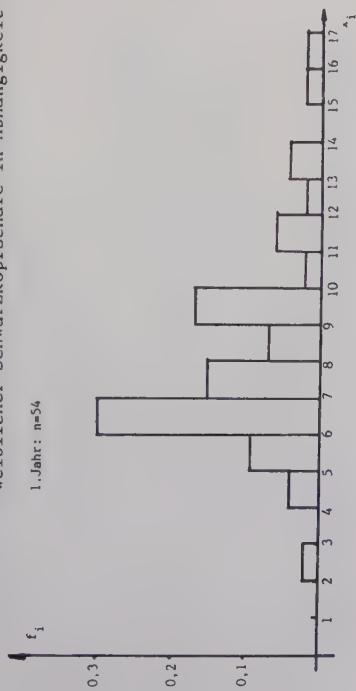
Tabelle A.12.: Die Beurteilungskriterien einer Lymphozytose mit Hilfe von Toleranzgrenzen für die absoluten Lymphozytenwerte gemäß verschiedener Literaturangaben

$\bar{x}$ = Mittelwert einer Altersgruppe, s = zugehörige Standardabweichung

Autor	Objekt	Beurteilungskriterien einer Lymphozytose ¹⁾	
		"mäßig erhöhte" Lymphozytenwerte	"stark erhöhte" Lymphozytenwerte
BENDIXEN (1960)	Rind	ab oberer 95%-Toleranzgrenze ($\bar{x}+1,64s$)	ab oberer 99%-Toleranzgrenze ($\bar{x}+2,33s$)
PERMAN et al. (1970)			
PAULSEN et al. (1974)	Schaf		
TOLLE (1965)			
STRAUB, LORENZ et al. (1978)	Rind	ab obere 97,7%-Toleranzgrenze ($\bar{x}+2s$)	ab oberer 99,97%-Toleranzgrenze ($\bar{x}+4s$) ab oberer 99,9%-Toleranzgrenze ($\bar{x}+3s$)
THEILEN et al. (1967)	Rind	-	ab oberer 99,74%-Toleranzgrenze ($\bar{x}+3s$)
GRANZIEN (1968)			
FLensburg und WILLEBERG (1976)	Rind	-	oberhalb des 99,74%-Toleranzbereiches ($\bar{x}+3s$)

1) Besonderheiten, wie die Verwendung einer gepoolten Standardabweichung oder die Logarithmierung der Daten zur Angleichung an eine Normalverteilung (siehe Tab. A.10), werden hier nicht berücksichtigt. Der Faktor, mit dem s zu multiplizieren ist, wird von einigen Autoren gerundet.

Abb. A.1.a): Empirische Häufigkeitsverteilungen der Leukozytenwerte weiblicher Schwarzkopfschafe in Abhängigkeit vom Alter



Fortsetzung: Abb.A.1.a)

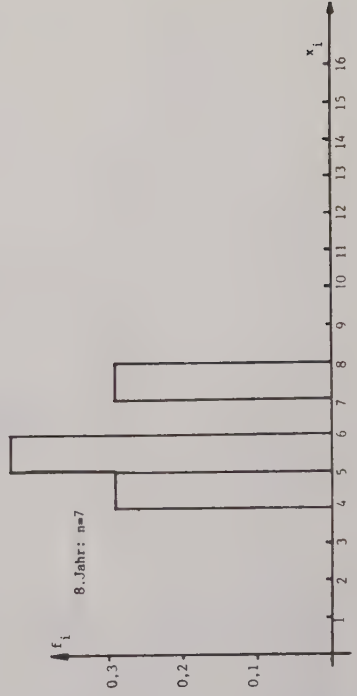
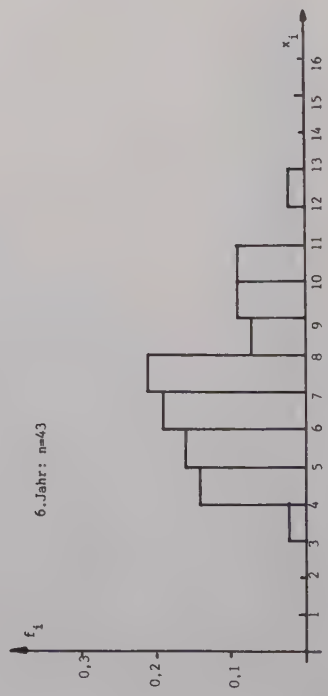
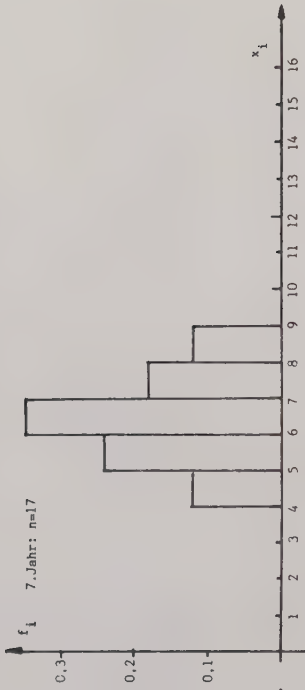
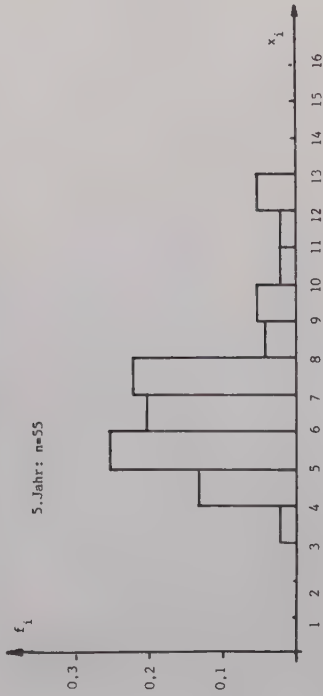
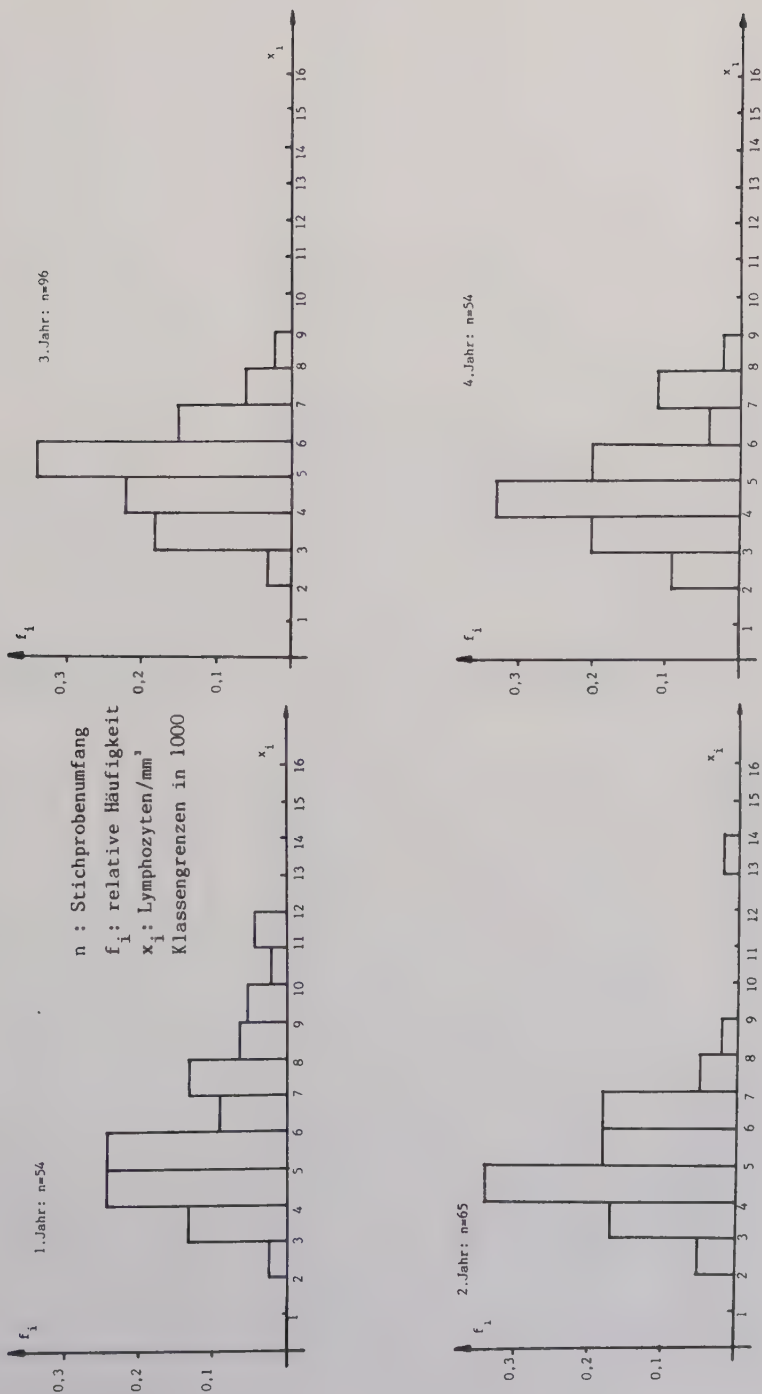


Abb.A.1.b): Empirische Häufigkeitsverteilungen der Lymphozytenwerte weiblicher Schwarzkopfschafe in Abhängigkeit vom Alter



Fortsetzung: Abb. A.1.b)

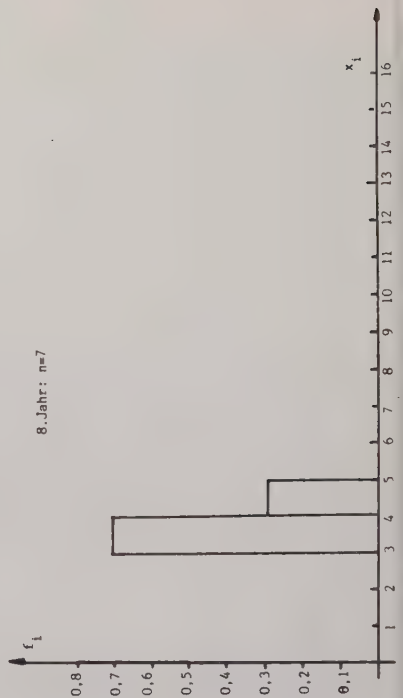
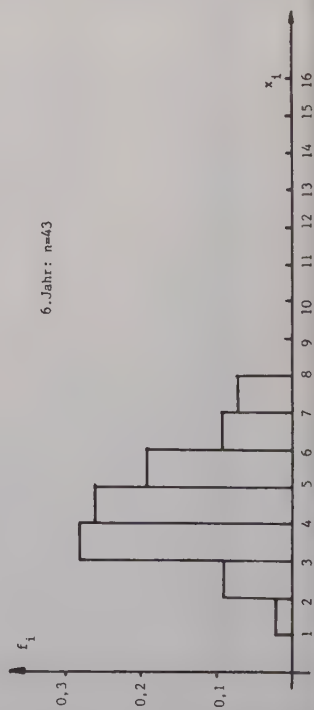
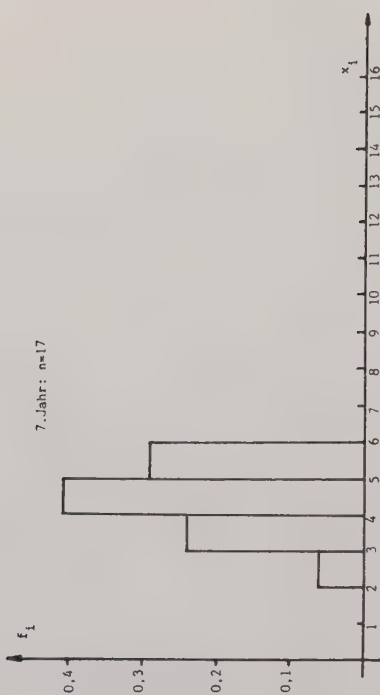
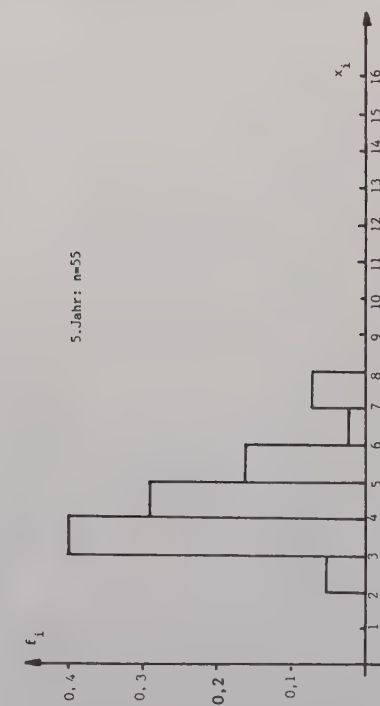
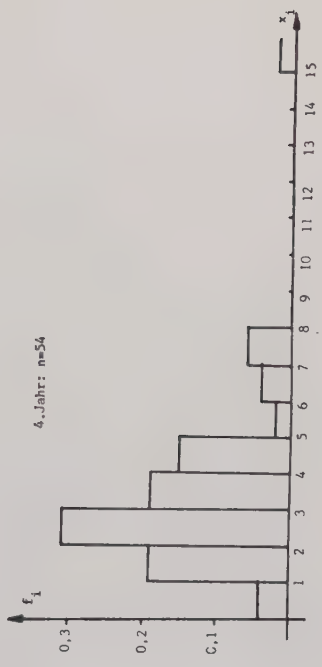
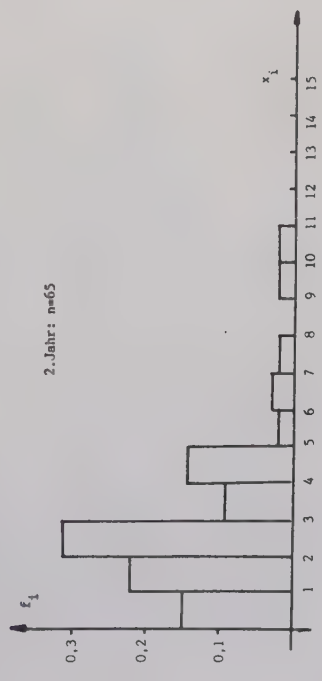
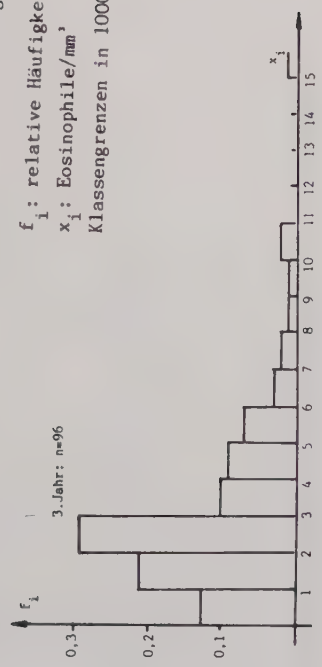
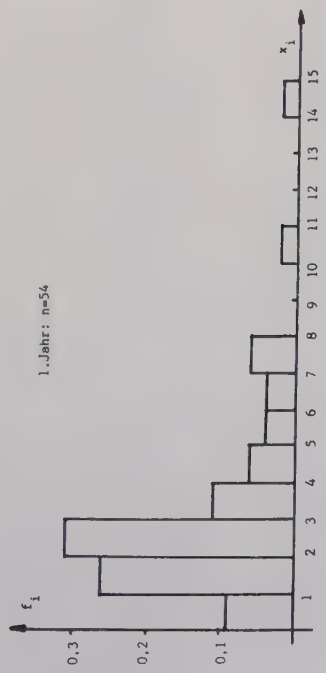


Abb. A.1.c): Empirische Häufigkeitsverteilungen der Eosinophilenwerte weiblicher Schwarzkopfschafe in Abhängigkeit vom Alter

n : Stichprobenumfang
 f_i : relative Häufigkeit
 x_i : Eosinophile/mm³
 Klassengrenzen in 1000



Fortsetzung: Abb.A.1.c)

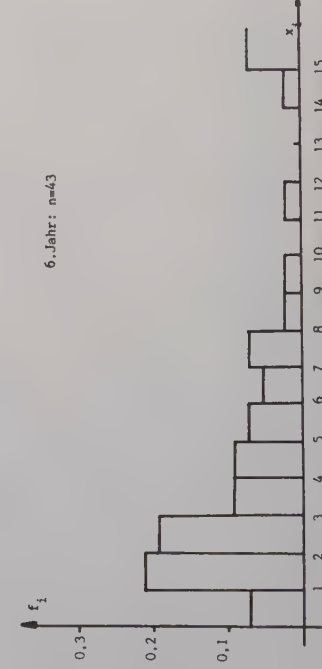
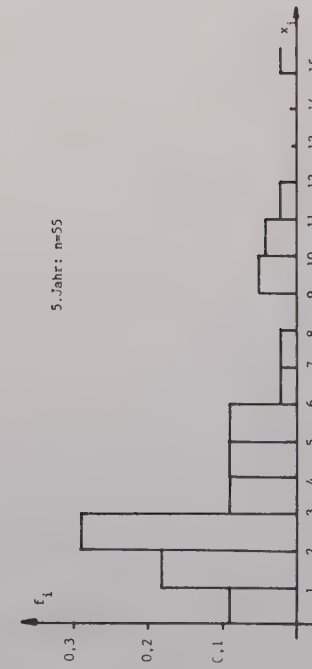
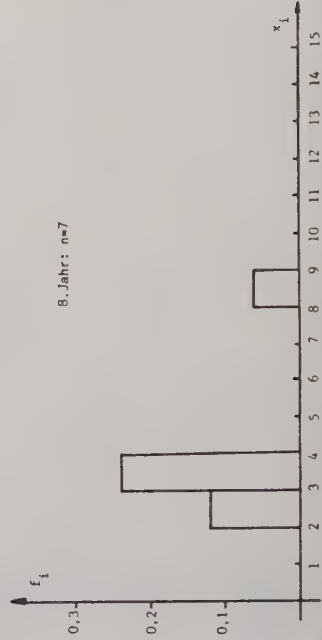
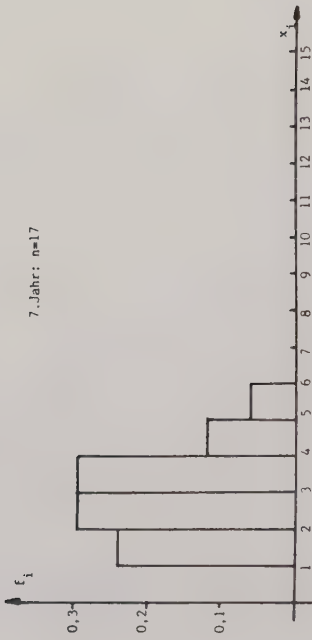


Abb. A.2.: Die Mittelwertkurven der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der weiblichen Merinoschafe unter Berücksichtigung der Lamungsdaten

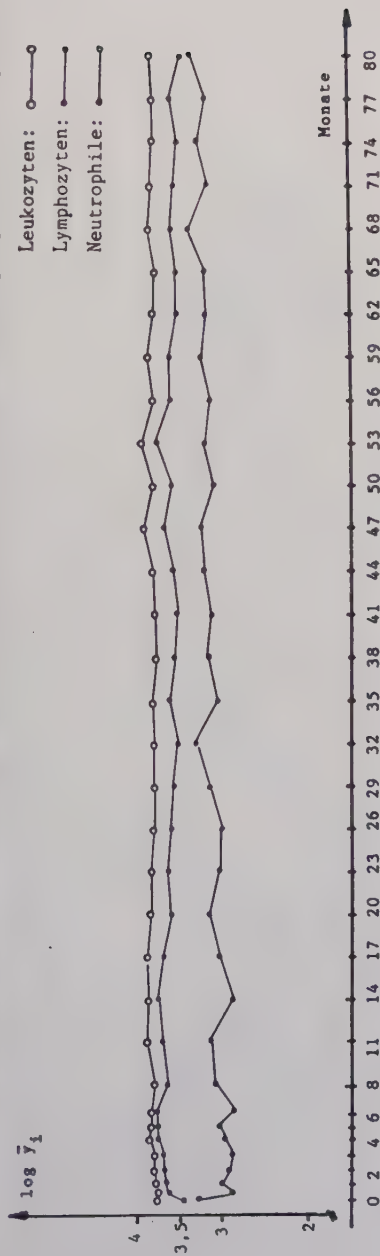


Abb. A.3.: Die Mittelwertkurven der logarithmierten Leukozyten-, Lymphozyten- und Neutrophilenzahlen der männlichen Texelschafe

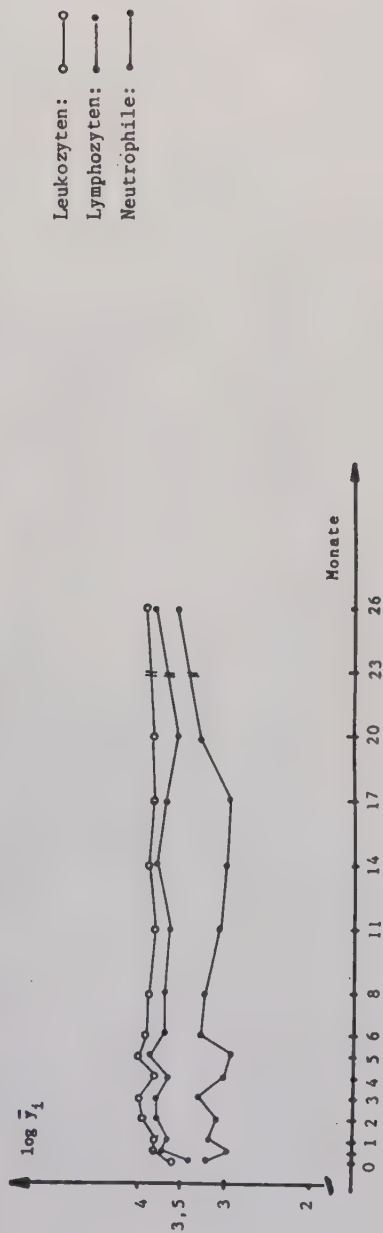


Abb. A.5.: Verlaufsuntersuchung von Leukozytenwerten bei weiblichen Texelschafen

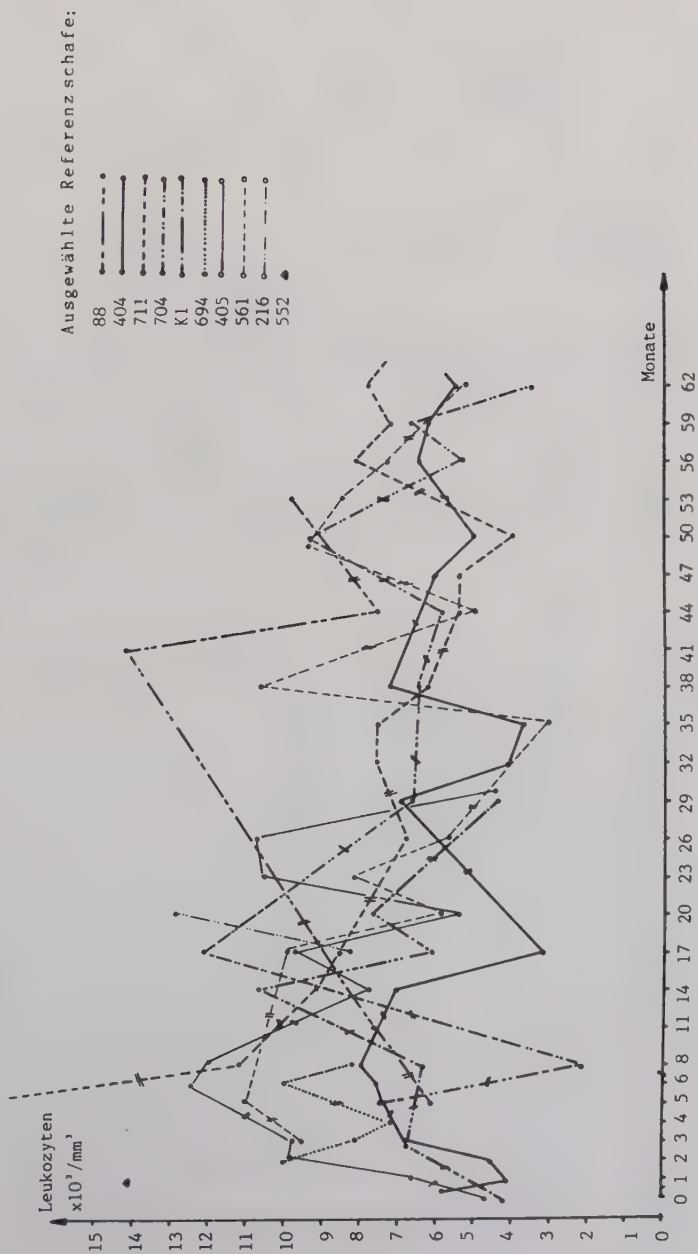


Abb. A.6.: Verlaufsuntersuchung von Leukozytenwerten bei männlichen Merino- und Texelschafen

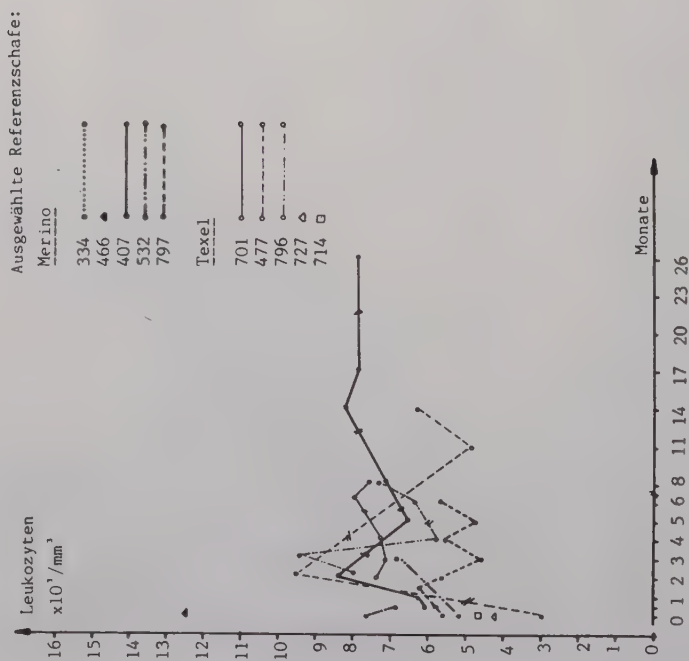
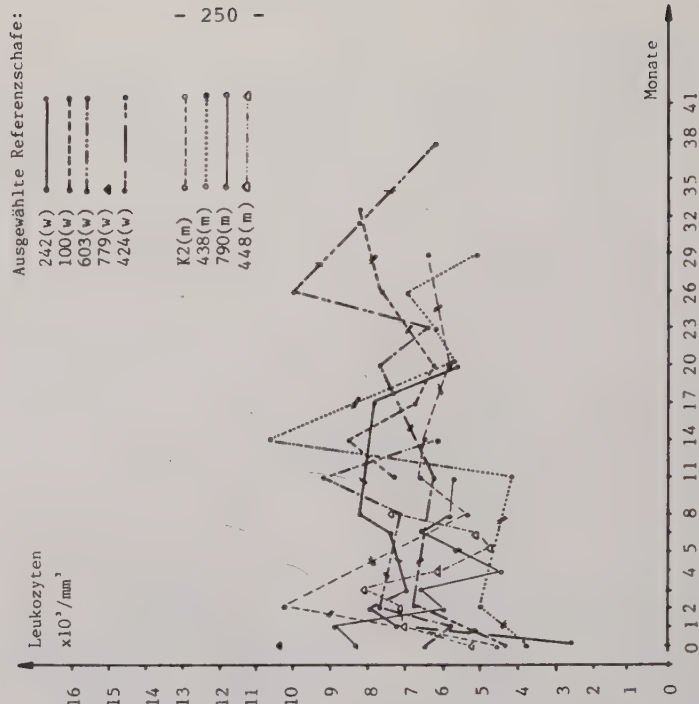


Abb. A.7.: Verlaufsuntersuchung von Leukozyten bei weiblichen (w) und männlichen (m) Milchschaafen



Herrn Prof. Dr. O.C. Straub danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für die gewährte Unterstützung.

Mein Dank gilt auch Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen für die Übernahme der Dissertation.

Besonders danken möchte ich Herrn Dr. J.R. Lorenz, der mich bei den verschiedenen statistischen Fragestellungen geduldig beraten hat.

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Gerhard Rahm, welcher mir bei der Erstellung der Computerprogramme hilfreich zu Seite stand.

Herzlichen Dank sage ich auch meiner Schwester Irmgard, die mir bei der Ausarbeitung des Manuskriptes viel Zeit zur Verfügung gestellt hat.

LEBENS LAUF

Harald Wirsching	geboren am 28.02.1955 in Eschach
Eltern	Lothar Wirsching und Irma Wirsching, geb. Klotz
Schul Ausbildung	von 1962 - 1966 an der Volksschule in Eschach 1966 - 1971 am Parler-Gymnasium in Schwäbisch Gmünd von 1971 - 1974 am Scheffold-Gymnasium in Schwäbisch Gmünd 15.05.1974 Reifeprüfung
Wehrdienst	1974 - 1976
Hochschulausbildung	Studium der Tiermedizin an der Freien Universität Berlin 11.01.1983 Approbation als Tierarzt
weiterer Werdegang	seit Februar 1983 Assistenztier- arzt bei Dr. med. vet. H. Nowotny in Eschach

